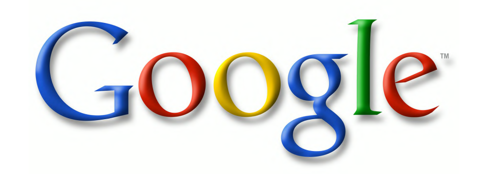






ANTHROPOGENIE.

KEIMES- UND STAMMESGESCHICHTE

DES

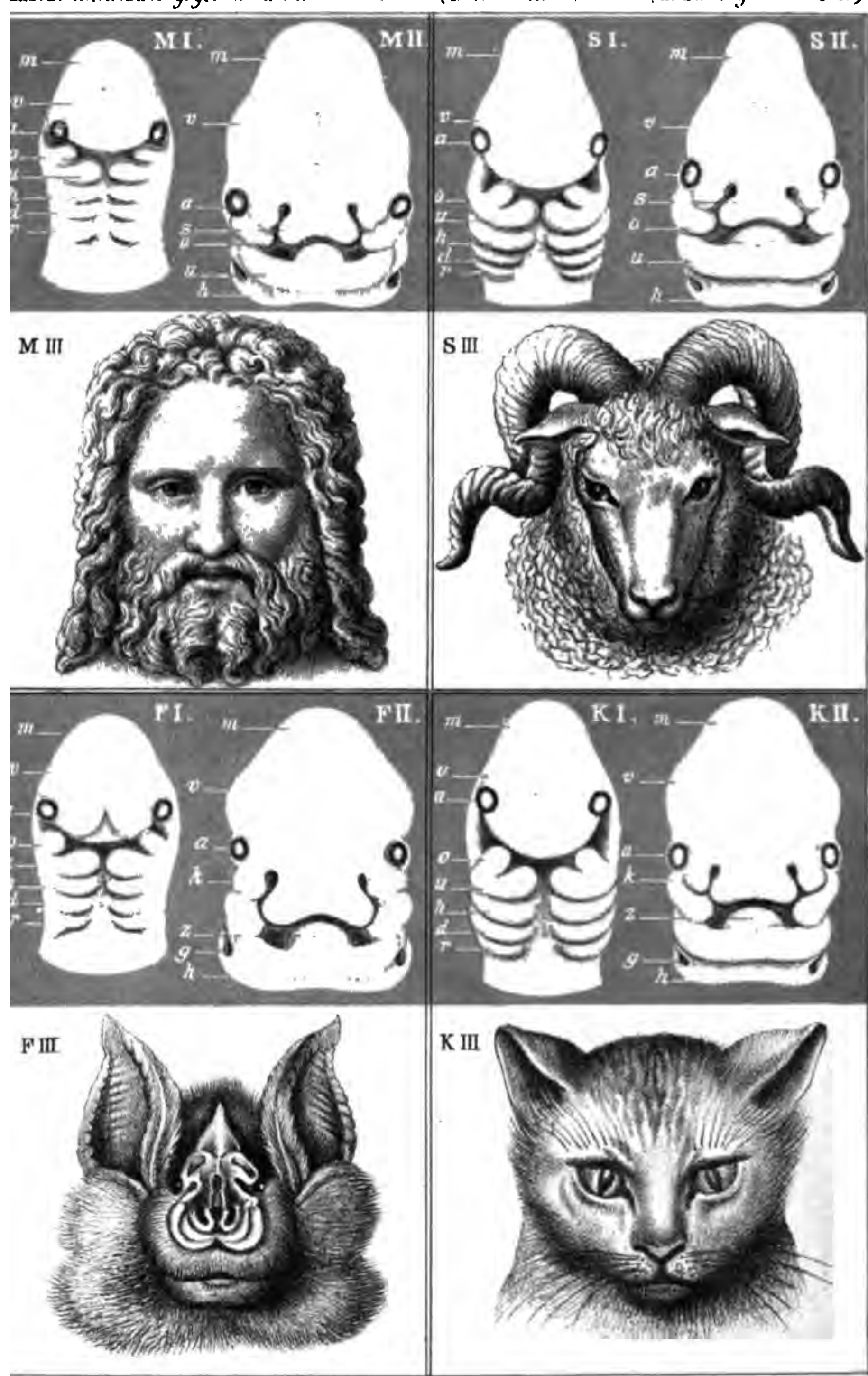
MENSCHEN.

»Die rein empirischen Naturforscher, welche nur durch Entdeckung neuer Thatsachen die Wissenschaft zu fördern glauben, können in derselben ebenso wenig Grosses leisten, als die rein speculativen Philosophen, welche der Thatsachen entbehren zu können glauben und die Natur aus ihren Gedanken construiren wollen. Diese werden zu phantastischen Träumern, jene im besten Falle zu genauen Copirmaschinen der Natur. Im Grunde freilich gestaltet sich das thatsächliche Verhältniss überall so, dass die reinen Empiriker sich mit einer unvollständigen und unklaren, ihnen selbst nicht bewussten Philosophie, die reinen Philosophen dagegen mit einer eben solchen, unreinen und mangelhaften Empirie begnügen. Das Ziel der Naturwissenschaft ist die Herstellung eines vollkommenen, architectonisch geordneten Lehrgebäudes. Der reine Empiriker bringt statt dessen einen ungeordneten Steinhaufen zusammen; der reine Philosoph auf der anderen Seite baut Luftschlösser, welche der erste empirische Windstoss über den Haufen wirft. Jener begnügt sich mit dem Rohmaterial, dieser mit dem Plan des Gebäudes. Aber nur durch die innigste Wechselwirkung von empirischer Beobachtung und philosophischer Theorie kann das Lehrgebäude der Naturwissenschaft wirklich zu Stande kommen.«

Generelle Morphologie (1866).



Taf. I. Entwickelungsgeschichte des Gesichts (*Drei Stadien*) (*Erklärung XXI. Vortr.*)



M. Mensch. F. Fledermaus. K. Katze. S. Schaaf.

ANTHROPOGENIE

ODER

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

DES

MENSCHEN.

GEMEINVERSTÄNDLICHE WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

ÜBER DIE GRUNDZÜGE DER MENSCHLICHEN

KEIMES- UND STAMMES-GESCHICHTE.

VON

ERNST HAECKEL
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT JENA.

MIT 15 TAFELN, 330 HOLZSCHNITTEN UND 44 GENETISCHEN TABELLEN.

DRITTE, UMGEARBEITETE AUFLAGE.

LEIPZIG,
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.
1877.

Taf. I. Entwickelungsgeschichte des Gesichts (*Drei Stadien*) (*Erklärung XXI. Vortr.*)

M I. M II. S I. S II.

M III S III

F I. F II. K I. K II.

F III K III

M. Mensch. F. Fledermaus. K. Katze. S. Schaaf.

ANTHROPOGENIE

ODER

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

DES

MENSCHEN.

GEMEINVERSTÄNDLICHE WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

ÜBER DIE GRUNDZÜGE DER MENSCHLICHEN

KEIMES- UND STAMMES-GESCHICHTE.

VON

ERNST HAECKEL

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT JENA.

MIT 15 TAFELN, 330 HOLZSCHNITTEN UND 44 GENETISCHEN TABELLEN.

DRITTE, UMGEARBEITETE AUFLAGE.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1877.

Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Verzeichniss der Tafeln	V
Verzeichniss der Holzschnitte	VII
Verzeichniss der genetischen Tabellen	XI
Vorwort zur ersten Auflage	XIII
Vorwort zur dritten Auflage	XIX
Prometheus	XXV

Erster Abschnitt: **Historischer Theil.** (S. 1—96.)

Geschichte der Anthropogenie.

I. Vortrag.	Das Grundgesetz der organischen Entwickelung	1
II. Vortrag.	Die ältere Keimesgeschichte. Caspar Friedrich Wolff	21
III. Vortrag.	Die neuere Keimesgeschichte. Carl Ernst Baer	39
IV. Vortrag.	Die ältere Stammesgeschichte. Jean Lamarck	57
V. Vortrag.	Die neuere Stammesgeschichte. Charles Darwin	75

Zweiter Abschnitt: **Ontogenetischer Theil.** (S. 97—324.)

Keimesgeschichte oder Ontogenie des Menschen.

VI. Vortrag.	Die Eizelle und die Amoebe	97
VII. Vortrag.	Die Functionen der Entwickelung und die Befruchtung	121
VIII. Vortrag.	Die Eifurchung und die Keimblätterbildung	151
IX. Vortrag.	Die Wirbelthier-Natur des Menschen	197
X. Vortrag.	Der Aufbau des Leibes aus den Keimblättern	221
XI. Vortrag.	Die Gesammtbildung und Gliederung der Person	263
XII. Vortrag.	Die Keimhüllen und der erste Blutkreislauf	291

Dritter Abschnitt: **Phylogenetischer Theil.** (S. 325—526.)

Stammesgeschichte oder Phylogenie des Menschen.

Seite

XIII. Vortrag. Der Körperbau des Amphioxus und der Ascidie 325
XIV. Vortrag. Die Keimesgeschichte des Amphioxus und der Ascidie . 351
XV. Vortrag. Die Zeitrechnung der menschlichen Stammesgeschichte . 375
XVI. Vortrag. Die Ahnen-Reihe des Menschen. I. Vom Moner bis zur Gastraea 403
XVII. Vortrag. Die Ahnen-Reihe des Menschen. II. Vom Urwurm bis zum Schädelthier 433
XVIII. Vortrag. Die Ahnen-Reihe des Menschen. III. Vom Urfisch bis zum Amnionthier 461
XIX. Vortrag. Die Ahnen-Reihe des Menschen. IV. Vom Ursäuger bis zum Affen 487

Vierter Abschnitt: **Organogenetischer Theil.** (S. 527—739.)

Entwickelungsgeschichte der menschlichen Organe.

XX. Vortrag. Entwickelungsgeschichte der Hautdecke und des Nervensystems 527
XXI. Vortrag. Entwickelungsgeschichte der Sinnes-Organe 561
XXII. Vortrag. Entwickelungsgeschichte der Bewegungs-Organe 593
XXIII. Vortrag. Entwickelungsgeschichte des Darmsystems 623
XXIV. Vortrag. Entwickelungsgeschichte des Gefässsystems 651
XXV. Vortrag. Entwickelungsgeschichte der Harn-Organe und Geschlechts-Organe 683
XXVI. Vortrag. Resultate der Anthropogenie 717

Noten, Anmerkungen und Literaturnachweise 739
Register 755

Verzeichniss der Tafeln.

Seite

Tafel I (Titelbild). Entwickelungsgeschichte des Gesichts von vier Säugethieren (Mensch, Fledermaus, Katze, Schaaf) in drei verschiedenen Stadien der Ausbildung . . . . Erklärung 649

Tafel II (zwischen S. 192 und 193). Totale Eifurchung. Gastrula-Bildung holoblastischer Eier (primordiale und inaequale Furchung) . Erklärung 193

Tafel III (zwischen S. 192 und 193). Partielle Eifurchung. Gastrula-Bildung meroblastischer Eier (discoidale und superficiale Furchung) . . . . Erklärung 193

Tafel IV (zwischen S. 256 und 257). Schematische Querschnitte durch verschiedene ontogenetische und phylogenetische Bildungsstufen des menschlichen Körpers, um deren Aufbau aus den vier secundären Keimblättern zu zeigen . . . . Erklärung 257

Tafel V (zwischen S. 256 und 257). Schematische Längsschnitte durch verschiedene Keimformen und Stammformen des Menschen, um deren Aufbau aus den vier secundären Keimblättern zu zeigen . . Erklärung 259

Tafel VI (zwischen S. 288 und 289). Vergleichung der Embryonen eines Fisches, eines Amphibiums, eines Reptils und eines Vogels auf drei verschiedenen Entwickelungsstufen . . . . Erklärung 290

Tafel VII (zwischen S. 288 und 289). Vergleichung der Embryonen von vier verschiedenen Säugethieren (Schwein, Rind, Kaninchen und Mensch) auf drei verschiedenen Entwickelungsstufen . . . Erklärung 290

Tafel VIII (zwischen S. 320 und 321). Abbildung von zwei menschlichen Embryonen, der eine von neun, der andere von zwölf Wochen; der letztere innerhalb der Eihüllen . . . . Erklärung 324

Tafel IX (zwischen S. 320 und 321). Abbildung eines menschlichen Embryo von fünf Monaten, in natürlicher Grösse, innerhalb der Eihüllen . . . . Erklärung 324

Tafel X (zwischen S. 350 und 351). Keimesgeschichte der Ascidie und des Amphioxus . . . . Erklärung 349

Seite

Tafel XI (zwischen S. 350 und 351). Körperbau der Ascidie, des Amphioxus und der Larve von Petromyzon . . . . Erklärung 350

Tafel XII (zwischen S. 480 und 481). Der australische Lurchfisch oder Dipneust (Ceratodus Forsteri) . . . . Erklärung 470

Tafel XIII (zwischen S. 480 und 481). Der mexicanische Axolotl (Siredon pisciformis) und der europäische Erdsalamander (Salamandra maculata) . . . . Erklärung 479

Tafel XIV (zwischen S. 516 und 517). Ein Catarhinen-Quartett (Schimpanse, Gorilla, Orang und Neger) . . . . Erklärung 519

Tafel XV (zwischen S. 526 und 527). Stammbaum des Menschen . . . . Erklärung 522

Verzeichniss der Holzschnitte.

Figur		Seite
1.	Eizelle des Menschen	100
2.	Leberzellen des Menschen	102
3.	Epithelzellen der Zunge	102
4.	Riffzellen der Oberhaut	102
5.	Knochenzellen des Menschen	103
6.	Schmelzorganzellen vom Zahn	103
7.	Eine Seelenzelle	105
8.	Blutzellen in Theilung	107
9.	Bewegliche Lymphzellen	108
10.	Ur-Eier verschiedener Thiere	109
11.	Eizelle der Säugethiere	111
12.	Eizelle des Huhnes	113
13.	Eine Amoebe	115
14.	Eizelle eines Kalkschwammes	117
15.	Fressende Blutzellen	118
16.	Blutzellen in Theilung	131
17.	Spermazellen (Samenzellen)	141
18.	Befruchtung des Säugethier-Eies	143
19.	Monerula des Säugethieres	146
20.	Moneren in Theilung	147
21.	Cytula des Säugethieres	148
22.	Keimung einer Koralle	156
23.	Gastrula von Gastrophysema	159
24.	Gastrula von Sagitta	159
25.	Gastrula von Uraster	159
26.	Gastrula von Nauplius	159
27.	Gastrula von Limnaeus	159
28.	Gastrula von Amphioxus	159
29.	Gastrula von Olynthus	161
30.	Zellen der primären Keimblätter	163
31.	Furchung des Frosch-Eies	166
32—35.	Gastrulation der Kröte	169
36.	Monerula des Kaninchens	171
37.	Cytula des Kaninchens	171
38.	Kaninchen-Ei mit 2 Zellen	171
39.	Kaninchen-Ei mit 4 Zellen	173
40.	Kaninchen-Ei mit 8 Zellen	173
41.	Gastrula vom Kaninchen	174
42.	Ei eines Knochenfisches	176
43.	Gastrula eines Knochenfisches	178
44.	Eizelle der Vögel	181
45.	Eifurchung der Vögel	182
46.	Maulbeerkeim vom Hühnchen	184
47.	Blasenkeim vom Hühnchen	184
48.	Einstülpungskeim vom Hühnchen	184
49.	Gastrula vom Hühnchen	184
50. 51.	Vier secundäre Keimblätter	190
52—61.	Schematische Längsschnitte und Querschnitte durch das ideale Urwirbelthier	207
62—69.	Schematische Querschnitte durch die wichtigsten Keimformen des Urwirbelthieres	224
70.	Schematische Querschnitte durch verschiedene Säugethier-Keime (Abschnürung des Darms vom Dottersack erläuternd)	229
71.	Gastrula des Säugethiers	232
72.	Keimdarmblase des Säugethiers	233

Figur Seite
73. Durchschnitt durch die Keimdarmblase des Säugethieres . . 233
74. Exoderm-Zellen derselben . . . 234
75. Entoderm-Zellen derselben . . 234
76. Durchschnitt durch den Fruchthof 236
77—81. Keimdarmblase des Kaninchens 237
82—85. Fruchthof des Kaninchens . 238
86. Sohlen-Keim vom Hund 240
87. Sohlen-Keim vom Hühnchen . . 240
88—93. Querschnitte durch Keime . 242
94. Entwickelung der Eihüllen . . 250
95—99. Querschnitte durch Keime . 254
100. Abschnürung des Darms vom Dottersack (Schematische Querschnitte) 268
101. Längsschnitt durch einen Hühner-Keim 270
102. Längsschnitt durch den Kopf eines Hühner-Keims 271
103—105. Sohlenförmiger Hühner-Keim 275
106—109. Keimscheibe oder Fruchthof vom Kaninchen 276
110. 111. Skelet des Menschen . . 281
112. Querschnitt eines Keims . . . 282
113. Halswirbel vom Menschen . . . 283
114. Brustwirbel vom Menschen . . 283
115. Lendenwirbel vom Menschen . . 283
116. 117. Kopf vom Hühner-Keim . 285
118. Kopf vom Hunde-Keim 285
119. 120. Anlagen der Gliedmaassen 286
121. Sohlen-Keim vom Hunde . . . 295
122. Menschen-Keime von der zweiten bis fünfzehnten Woche 296
123. 124. Anatomie von Menschen-Keimen (IV. u. V. Woche) . . . 298
125. Kopf vom Nasen-Affen 300
126. Kopf von Miss Pastrana 300
127—134. Menschliche Eier und Keime von der zweiten bis sechsten Woche 302

Figur Seite
135. Hühner-Keim mit Allantois . . 305
136. 137. Hunde-Keime mit Allantois 307
138. Schwangere Gebärmutter des Menschen mit Eihüllen und Nabelstrang 308
139. Entwickelung der Eihüllen . . 309
140—142. Entwickelung des Amnion 310
143—147. Entwickelung des Herzens 314
148—150. Erster Blutkreislauf . . . 317
151. Amphioxus lanceolatus 337
152. Querschnitt des Amphioxus . . 340
153. Eine Ascidie 345
154. Eine andere Ascidie 348
155. Gastrula des Amphioxus 356
156. Gastrula eines Schwammes . . . 357
157—160. Querschnitte durch Amphioxus-Larven 358
161. Wirbelthier-Querschnitt 366
162. Appendicularia 367
163. Ein Moner (Protamoeba) 414
164. Bathybius-Urschleim 416
165. Monerula des Säugethieres . . . 418
166. Cytula des Säugethieres 418
167. Eine Amoebe 419
168. Eine amoeboide Eizelle 419
169. Ursprüngliche Eifurchung . . . 421
170. Maulbeerkeim (Morula) 421
171. Keimung der Monoxenia 422
172. 173. Magosphaera 425
174—179. Gastrula verschiedener Thiere 429
180. 181. Haliphysema 430
182. 183. Ascula eines Schwammes . 431
184. 185. Ein Strudelwurm (Rhabdocoelum) 441
186. Eichelwurm (Balanoglossus) . . 445
187. Appendicularia 448
188. Ascidia 448
189. Amphioxus 448
190. Lamprete (Petromyzon) 458
191. 192. Haifische (Selachier) . . . 467

Figur		Seite
193.	Salamander-Larve	478
194.	Frosch-Larve (Kaulquappe)	478
195. 196.	Schnabelthier (Ornithorhynchus) nebst Skelet	494
197.	Beutelthier mit Jungen	497
198.	Menschliche Eihüllen	502
199.	Halbaffe (Lori)	506
200.	Menschen-Keim mit seinen Hüllen	508
201.	Fruchtbehälter, Nabelstrang und Embryo des Menschen	509
202.	Kopf des Nasenaffen	515
203.	Schwanzaffe (Meerkatze)	515
204.	Skelet des Gibbon	517
205.	Skelet des Orang	517
206.	Skelet des Schimpanse	517
207.	Skelet des Gorilla	517
208.	Skelet des Menschen	517
209.	Gastrula von Gastrophysema	535
210.	Keimblätter des Regenwurms	535
211.	Nervensystem des Strudelwurms	535
212.	Menschliche Hautdecke	536
213.	Oberhaut-Zellen	537
214.	Thränendrüsen	538
215. 216.	Milchdrüsen	539
217. 218.	Centralmark des menschlichen Embryo	544
219. 220.	Menschliches Gehirn	545
221—223.	Sohlenförmiger Hühner-Keim	550
224—226.	Die fünf Hirnblasen des Menschen-Keims	551
227.	Die fünf Hirnblasen der Schädelthiere	553
228.	Haifisch-Gehirn	553
229.	Frosch-Gehirn	553
230.	Kaninchen-Gehirn	554
231.	Haifisch-Nase	568
232—236.	Gesichts-Entwickelung von Hühner-Embryonen	570
237.	Nasen- und Mundhöhle	572
238—240.	Gesicht des menschlichen Embryo	573
241.	Menschliches Auge	575
242. 243.	Augen-Entwickelung	578
244.	Gehörgang des Menschen	583
245.	Menschliches Gehör-Labyrinth	585
246—248.	Ohr-Entwickelung	586
249.	Urschädel mit Ohrbläschen	586
250.	Rudimentäre Ohrmuskeln	591
251. 252.	Menschliches Skelet	599
253.	Menschliche Wirbelsäule	600
254.	Halswirbel	601
255.	Brustwirbel	601
256.	Lendenwirbel	601
257.	Ein Stückchen Chorda	605
258—260.	Wachsthum der Urwirbel-Kette beim Hühner-Keim	606
261.	Brustwirbel-Längsschnitt	608
262.	Brustwirbel-Querschnitt	608
263.	Eine Zwischenwirbelscheibe	608
264.	Schädel des Menschen	609
265.	Urschädel eines Urfisches	612
266.	Urschädel des Menschen	613
267.	Flossenskelet von Ceratodus	617
268.	Flossenskelet von Acanthias	617
269.	Flossenskelet eines Urfisches	617
270.	Handskelet des Frosches	617
271.	Handskelet des Gorilla	617
272.	Handskelet des Menschen	617
273.	Handskelet von Säugethieren	620
274.	Gastrula des Olynthus	628
275.	Menschlicher Magen	629
276.	Gastrula des Amphioxus	631
277.	Gastrula des Säugethieres	631
278. 279.	Menschen-Keime mit Dottersack und Allantois	634
280.	Strudelwurm-Darm	636
281.	Ascidien-Darm	636
282.	Amphioxus-Darm	636
283.	Haifisch-Schuppen	640

Figur — Seite

284. 285. Darm vom Hunde-Keim nebst den Darmdrüsen 641
286. Darm mit Allantois 644
287. Darm vom Menschen-Keim . . 645
288. Leber vom Menschen-Keim . . 647
289. Nagel-Gewebe 663
290. Darm-Epithelium 663
291. Gallertgewebe 663
292. Knorpelgewebe 663
293. Neuromuskelzellen 664
294. Nervengewebe 664
295. Muskelgewebe 664
296. Gefässgewebe 665
297. Blutzellen 665
298. Blutgefässe eines Wurmes . . . 670
299. Fischkopf mit Blutgefässen . . 673

Figur — Seite

300—306. Arterien-Bogen 674
307—314. Herz-Entwickelung . . . 678
315. Durchschnitt durch Haliphysema 687
316. Urogenital-Anlage 693
317. Urniere von Bdellostoma 698
318. Erste Urnieren-Anlage 699
319. 320. Urnieren der Säugethiere . 700
321—326. Urogenital-Entwickelung . 704
327. Weibliche Geschlechts-Organe vom Schnabelthier 076
328. Wanderung der beiderlei Geschlechtsdrüsen des Menschen . 708
329. Entwickelung der äusseren Geschlechtsorgane des Menschen . 709
330. Eifollikel des Menschen 712

Verzeichniss der genetischen Tabellen.

Seite

I. Tabelle. Uebersicht über die Hauptzweige der Biogenie 20

II. Tabelle. Uebersicht über die Bestandtheile des einzelligen Keimzustandes vor und nach der Befruchtung 150

III. Tabelle. Uebersicht über die wichtigsten Verschiedenheiten in der Eifurchung und Gastrulabildung der Thiere 194

IV. Tabelle. Uebersicht über die fünf ersten Keimungsstufen der Thiere, mit Rücksicht auf die vier Hauptformen der Eifurchung . 195

V. Tabelle. Uebersicht über einige der wichtigsten Variationen im Rhythmus der Eifurchung 196

VI. Tabelle. Uebersicht über die wichtigsten Organe des idealen Urwirbelthieres und ihre Entwickelung aus den Keimblättern 220

VII. Tabelle. Uebersicht über die Entwickelung der Organ-Systeme des Menschen aus den Keimblättern. 262

VIII. Tabelle. Uebersicht über die wichtigsten Abschnitte der menschlichen Keimesgeschichte 322

IX. Tabelle. Uebersicht über die wichtigsten Homologien zwischen dem Embryo des Menschen, dem Embryo der Ascidie und dem entwickelten Amphioxus einerseits, gegenüber dem entwickelten Menschen anderseits 372

X. Tabelle. Uebersicht über die Form-Verwandtschaft der Ascidie und des Amphioxus einerseits, des Fisches und des Menschen anderseits, im vollkommen entwickelten Zustande 373

XI. Tabelle. Ontogenetischer Zellen-Stammbaum des Amphioxus . . 374

XII. Tabelle. Uebersicht der paläontologischen Perioden 384

XIII. Tabelle. Uebersicht der paläontologischen Formationen 385

XIV. Tabelle. Uebersicht der Dicke der Formationen 391

XV. Tabelle. Stammbaum der indogermanischen Sprachen 395

XVI. Tabelle. Uebersicht über die wichtigsten Stufen in der thierischen Ahnen-Reihe des Menschen 412

XVII. Tabelle. Uebersicht über die fünf ersten Entwickelungsstufen des Menschen (phylogenetisch, ontogenetisch, systematisch) 432

XVIII. Tabelle. Uebersicht über das phylogenetische System des Thierreichs 450

XIX. Tabelle. Monophyletischer Stammbaum des Thierreichs 451

XX. Tabelle. Uebersicht über das phylogenetische System der Wirbelthiere 472

Seite

XXI. Tabelle. Monophyletischer Stammbaum der Wirbelthiere . . 473
XXII. Tabelle. Uebersicht über die Abschnitte der menschlichen Stammesgeschichte 522
XXIII. Tabelle. Uebersicht über das phylogenetische System der Säugethiere, gegründet auf die Gasträa-Theorie 524
XXIV. Tabelle. Monophyletischer Stammbaum der Säugethiere . . . 525
XXV. Tabelle. Stammbaum der Affen 526
XXVI. Tabelle. Uebersicht über die Organ-Systeme des menschlichen Körpers 531
XXVII. Tabelle. Uebersicht über die Stammesgeschichte der menschlichen Hautdecke 558
XXVIII. Tabelle. Uebersicht über die Stammesgeschichte des menschlichen Nerven-Systems 559
XXIX. Tabelle. Uebersicht über die Keimesgeschichte der Hautdecke und des Nerven-Systems 560
XXX. Tabelle. Uebersicht über die Stammesgeschichte der menschlichen Nase 574
XXXI. Tabelle. Uebersicht über die Keimesgeschichte des menschlichen Auges 581
XXXII. Tabelle. Uebersicht über die Stammesgeschichte des menschlichen Ohres 588
XXXIII. Tabelle. Uebersicht über die Keimesgeschichte des menschlichen Ohres 589
XXXIV. Tabelle. Uebersicht über die Zusammensetzung des menschlichen Skelets 598
XXXV. Tabelle. Uebersicht über die Stammesgeschichte des menschlichen Skelets 622
XXXVI. Tabelle. Uebersicht über die Zusammensetzung des menschlichen Darm-Systems 638
XXXVII. Tabelle. Uebersicht über die Stammesgeschichte des menschlichen Darm-Systems 650
XXXVIII. Tabelle. Uebersicht über die Altersfolge der menschlichen Gewebe-Gruppen (phylogenetische Rangordnung der Gewebe) 666
XXXIX. Tabelle. Uebersicht über die Altersfolge der menschlichen Organ-Systeme (phylogenetische Rangordnung der Organe) . . 667
XL. Tabelle. Uebersicht über die Stammesgeschichte des menschlichen Gefäss-Systems 680
XLI. Tabelle. Uebersicht über die Stammesgeschichte des menschlichen Herzens 681
XLII. Tabelle. Uebersicht über die Homologien der Würmer, Gliederthiere, Weichthiere und Wirbelthiere 682
XLIII. Tabelle. Uebersicht über die Stammesgeschichte des menschlichen Harn- und Geschlechts-Organe 714
XLIV. Tabelle. Uebersicht über die Homologien der Geschlechts-Organe in beiden Geschlechtern der Säugethiere 716

Vorwort zur ersten Auflage.

Indem ich in den vorliegenden freien Vorträgen über »Anthropogenie« den ersten Versuch wage, die Thatsachen der menschlichen Keimesgeschichte einem grösseren Kreise von Gebildeten zugänglich zu machen und diese Thatsachen durch die menschliche Stammesgeschichte zu erklären, verhehle ich mir nicht die grossen Schwierigkeiten und Gefahren, die mit einem solchen ersten Versuche gerade auf diesem bedenklichen Gebiete verbunden sind. Kein anderer Zweig der Naturwissenschaft ist bis zur Gegenwart so sehr ausschliessliches Eigenthum der Fachgelehrten geblieben, und kein Zweig ist so geflissentlich mit dem mystischen Schleier eines esoterischen Priester-Geheimnisses verhüllt worden, als die Keimungsgeschichte des Menschen. Antworten doch heute noch die meisten sogenannten »Gebildeten« nur mit einem ungläubigen Lächeln, wenn man ihnen erzählt, dass jeder Mensch sich aus einem Ei entwickelt: und in der Regel verwandelt sich dieser Zweifel nur in abwehrendes Entsetzen, wenn man ihnen die Reihe von Embryo-Formen vorführt, die aus diesem menschlichen Ei hervorgeht. Davon aber, dass diese menschlichen Embryonen einen grösseren Schatz der wichtigsten Wahrheiten in sich bergen und eine tiefere Erkenntniss-Quelle bilden, als die meisten Wissenschaften und alle sogenannten »Offenbarungen« zusammengenommen, davon haben die meisten »Gebildeten« gar keine Ahnung.

Ist dies aber zu verwundern, wenn wir sehen, wie wenig verbreitet die Kenntniss der menschlichen Entwickelungsgeschichte selbst heute noch unter den Naturforschern von Fach ist? Sogar den meisten Schriften, welche die specielle Naturgeschichte des Menschen, Ana-

tomie und Physiologie, Ethnologie und Psychologie behandeln, sieht man es auf den ersten Blick an, dass ihre Verfasser von der menschlichen Keimesgeschichte entweder gar keine oder nur oberflächliche Kenntnisse besitzen, dass ihnen aber die Stammesgeschichte vollends ganz fern liegt. Freilich lebt der Name CHARLES DARWIN in Aller Munde! Aber von wie Vielen ist die von ihm reformirte Descendenz-Theorie wirklich assimilirt, wirklich in Fleisch und Blut aufgenommen worden? Ihre Zahl ist kaum gering genug anzuschlagen! Wie sehr aber das tiefere Verständniss der Entwickelungsgeschichte selbst bei höchst angesehenen Biologen noch vermisst wird, davon wüsste ich kein merkwürdigeres Beispiel aus neuester Zeit anzuführen, als den allbekannten Vortrag »über die Grenzen des Naturerkennens«, welchen der berühmte Physiologe DU BOIS REYMOND 1873 auf der deutschen Naturforscher-Versammlung zu Leipzig gehalten hat. Dieser glänzende Vortrag, der so grossen Jubel bei allen Gegnern der Entwickelungslehre, so lebhaftes Bedauern bei allen Freunden des geistigen Fortschritts hervorgerufen hat, ist im Wesentlichen eine grossartige Verleugnung der Entwickelungsgeschichte! Gewiss stimmt jeder denkende Naturforscher dem Berliner Physiologen bei, wenn er in der ersten Hälfte seines Vortrages diejenige Grenze des Natur-Erkennens beleuchtet, welche dem Menschen durch seine Wirbelthier-Natur gegenwärtig gesteckt ist. Aber ebenso gewiss muss jeder monistische Naturforscher gegen die zweite Hälfte desselben protestiren, wo der menschlichen Erkenntniss nicht allein eine andere, von jener ersten angeblich verschiedene (in Wahrheit aber mit ihr identische!) Grenze gesteckt, sondern auch daraus als letzte Folgerung der Schluss gezogen wird, dass der Mensch diese Grenze niemals überschreiten werde: »Wir werden das niemals wissen! *Ignorabimus!*«

Gegen dieses »*Ignorabimus*«, welches dem verdienstvollen Erforscher der Nerven- und Muskel-Electricität den einstimmigen Dank der *Ecclesia militans* eingetragen hat, müssen wir hier im Namen des fortschreitenden Naturerkennens und der entwickelungsfähigen Wissenschaft auf das Entschiedenste protestiren! Wenn wir unseren einzelligen Amoeben-Ahnen aus der laurentischen Urzeit hätten begreiflich machen wollen, dass ihre Nachkommen dereinst in

der cambrischen Periode einen vielzelligen Wurm-Organismus mit Haut und Darm, Muskeln und Nerven, Nieren und Blutgefässen bilden würden, so würden sie uns das nimmermehr geglaubt haben; so wenig als diese Würmer, wenn wir ihnen hätten erzählen können, dass ihre Nachkommen sich zu schädellosen Wirbelthieren, gleich dem Amphioxus — und so wenig als diese Schädellosen, wenn wir ihnen hätten sagen können, dass ihre späten Epigonen sich zu Schädelthieren entwickeln würden. Und ebenso würden unsere silurischen Urfisch-Ahnen nimmermehr geglaubt haben, dass ihre devonischen Enkel als Amphibien, ihre triassischen Ur-Enkel als Säugethiere existiren würden; ebenso würden die letzteren es für unmöglich gehalten haben, dass in der Tertiär-Zeit einer ihrer späten Ur-Ur-Enkel Menschen-Form gewinnen und die edlen Früchte vom Baume der Erkenntniss pflücken werde. Sie alle würden einstimmig geantwortet haben: »Wir werden uns niemals ändern und wir werden niemals unsere Entwickelungsgeschichte erkennen! »*Nunquam mutabimur! Semper ignorabimus!*«

Dieses *Ignorabimus* ist dasselbe, welches die Berliner Biologie dem fortschreitenden Entwickelungsgange der Wissenschaft als Riegel vorschieben will. Dieses scheinbar demüthige, in der That aber vermessene »*Ignorabimus*« ist das »*Ignoratis*« des unfehlbaren Vaticans und der von ihm angeführten »schwarzen Internationale«: jener unheilbrütenden Schaar, mit welcher der moderne Culturstaat jetzt endlich, endlich den ernsten »Culturkampf« begonnen hat. In diesem Geistes-Kampfe, der jetzt die ganze denkende Menschheit bewegt und der ein menschenwürdigeres Dasein in der Zukunft vorbereitet, stehen auf der einen Seite unter dem lichten Banner der Wissenschaft: Geistesfreiheit und Wahrheit, Vernunft und Cultur, Entwickelung und Fortschritt: auf der anderen Seite unter der schwarzen Fahne der Hierarchie: Geistesknechtschaft und Lüge, Unvernunft und Rohheit, Aberglauben und Rückschritt. Die Posaune dieses gigantischen Geisteskampfes verkündigt uns den Anbruch eines neuen Tages und das Ende der langen Nacht des Mittelalters. Denn in den Fesseln des hierarchischen Mittelalters ist die moderne Civilisation trotz aller Cultur-Fortschritte noch immer befangen; und statt der Wissenschaft der Wahrheit herrscht im socialen und bürgerlichen

Leben noch immer die Glaubenschaft der Kirche. Wir erinnern nur daran, welchen mächtigen Einfluss die vernunftwidrigsten Dogmen noch immer auf die fundamentale Schulbildung der Jugend ausüben; wir erinnern daran, dass der Staat noch den Fortbestand der Klöster und des Cölibats erlaubt, der unsittlichsten und gemeinschädlichsten Einrichtungen der alleinseligmachenden Kirche: wir erinnern daran, dass der Culturstaat die wichtigsten Abschnitte des bürgerlichen Jahres nach Kirchenfesten eintheilt, die öffentliche Ordnung durch kirchliche Processionen stören lässt u. s. w. Wir geniessen jetzt allerdings das seltene Vergnügen, die »allerchristlichsten« Bischöfe und Jesuiten wegen ihres Ungehorsams gegen die Gesetze des Staates im Exil oder im Gefängnisse zu sehen. Aber hat nicht derselbe Staat bis vor Kurzem diese gefährlichsten Feinde der Vernunft gehegt und gepflegt?

In diesem gewaltigen, weltgeschichtlichen »Culturkampfe«, in welchem mitzukämpfen wir uns glücklich preisen dürfen, können wir nach unserem persönlichen Ermessen der ringenden Wahrheit keine bessere Bundesgenossin zuführen, als die Anthropogenie! Denn die Entwickelungsgeschichte ist das schwere Geschütz im »Kampf um die Wahrheit«! Ganze Reihen von dualistischen Trugschlüssen stürzen unter den Kettenschüssen dieser monistischen Artillerie haltlos zusammen und der stolze Pracht-Bau der römischen Hierarchie, die gewaltige Zwingburg der unfehlbaren Dogmatik, fällt wie ein Kartenhaus ein. Ganze Bibliotheken voll Kirchen-Weisheit und voll After-Philosophie schmelzen in Nichts zusammen, sobald wir sie mit der Sonne der Entwickelungsgeschichte beleuchten. Ich kann dafür kein schlagenderes Zeugniss anführen, als das Gebahren der »streitenden Kirche« selbst, welche nicht aufhört, die nackten Thatsachen der menschlichen Keimesgeschichte zu leugnen und als »höllische Erfindungen des Materialismus« zu verdammen. Sie liefert damit selbst den glänzendsten Beweis, dass sie die von uns daraus gezogenen Schlüsse auf die menschliche Stammesgeschichte, auf die wahren Ursachen jener Thatsachen, als unvermeidlich anerkennt.

Um nun diese so wenig bekannten Thatsachen der menschlichen Keimesgeschichte und ihre causale Erklärung durch die Stammes-

geschichte einem möglichst grossen Kreise von Gebildeten zugänglich zu machen, habe ich denselben Weg eingeschlagen, wie vor sechs Jahren in meiner »Natürlichen Schöpfungsgeschichte«, von der die »Anthropogenie« einen zweiten, ergänzenden Theil bildet. Ich habe die freien academischen Vorträge über die Grundzüge der menschlichen Entwickelungsgeschichte, welche ich seit zwölf Jahren hier in Jena vor einem gemischten Kreise von Studirenden aller Facultäten gehalten habe, im Sommer-Semester 1873 von zweien derselben, den Herren Kiessling und Schlawe, stenographiren lassen. In der Ueberzeugung, dass die ungebundene Form des freien Vortrags wesentlich zu der Theilnahme beigetragen hat, welcher sich die jetzt in fünfter Auflage erschienene »Natürliche Schöpfungsgeschichte« erfreut, habe ich mich bemüht, bei der Redaction des stenographischen Manuscripts auch diesen Vorträgen möglichst jene freie Form zu lassen. Freilich lag die Aufgabe hier viel schwieriger als dort. Denn während die »Schöpfungsgeschichte« den weitesten Kreis der biologischen Erscheinungen in leichtem Fluge durchstreichen und nur das Interessanteste berühren konnte, war ich hier in der »Anthropogenie« gezwungen, ein viel enger begrenztes Gebiet von Erscheinungen zusammenhängend darzustellen, von dem zwar auch jedes einzelne Stück »da, wo man's packt, interessant« ist, das Interesse der verschiedenen Stücke aber doch sehr verschieden ist. Ausserdem gehört gerade die Erkenntniss der Form-Erscheinungen, um welche sich die menschliche Keimesgeschichte bemüht, zu den schwierigsten morphologischen Aufgaben, und die akademischen Vorträge über »Entwickelungsgeschichte des Menschen« gelten selbst in den Kreisen der Mediciner, die bereits mit den anatomischen Verhältnissen des menschlichen Körperbaues vertraut sind, mit Recht für die allerschwierigsten. Wollte ich nun den Pfad in dieses dunkle und den Meisten noch ganz verschlossene Gebiet wirklich den gebildeten Laien zugänglich machen, so musste ich mich einerseits in der Auswahl des reichen empirischen Stoffes möglichst beschränken und durfte doch anderseits keinen wesentlichen Theil desselben ganz übergehen.

Trotzdem ich nun dergestalt stets bemüht war, die wissenschaftlichen Probleme der Anthropogenie möglichst »gemeinverständlich«

darzustellen, bilde ich mir doch nicht ein, diese ausserordentlich schwierige Aufgabe vollständig gelöst zu haben. Der Zweck dieser Vorträge würde aber auch schon erreicht sein, wenn es mir nur gelungen wäre, unseren »gebildeten Kreisen« eine ungefähre Vorstellung von den wesentlichsten Grundzügen der menschlichen Keimesgeschichte zu geben und sie zu überzeugen, dass deren Erklärung und Verständniss einzig und allein durch die entsprechende Stammesgeschichte gefunden werden kann. Vielleicht darf ich zugleich hoffen, diese Ueberzeugung bei Einigen von denjenigen Fachgenossen zu wecken, welche zwar mit den Thatsachen der Keimesgeschichte sich tagtäglich beschäftigen, aber von den wahren, in der Stammesgeschichte verborgenen Ursachen derselben Nichts wissen und Nichts wissen wollen. Da meine »Anthropogenie« überhaupt der erste Versuch ist, Ontogenie und Phylogenie des Menschen in ihrem gesammten ursächlichen Zusammenhange darzustellen, so muss ich allerdings fürchten, dass das Erreichte weit hinter dem Erstrebten zurückbleibt. Aber davon wird sich hoffentlich jeder Denkende überzeugen, dass nur durch die Anerkennung dieses Zusammenhanges die »Entwickelungsgeschichte des Menschen« überhaupt zur Wissenschaft wird! Nur durch die Phylogenie kann die Ontogenie wahrhaft verstanden werden. Die Stammesgeschichte enthüllt uns die wahren Ursachen der Keimesgeschichte!

Jena, den 13. Juli 1874.

Ernst Heinrich Haeckel.

Vorwort zur dritten Auflage.

Als ich vor zwei Jahren die erste Auflage der Anthropogenie veröffentlichte, der nach wenigen Monaten die unveränderte zweite Auflage folgte, war ich mir des damit verknüpften Wagnisses wohl bewusst und auf eine starke Schaar von Angriffen im Voraus gefasst. Diese liessen auch nicht auf sich warten, und wenn ich die Verpflichtung hätte, hier allen Gegnern zu antworten, so könnte diese dritte Auflage leicht zum doppelten Umfang anschwellen. Doch glaube ich mich hier mit wenigen Bemerkungen begnügen zu dürfen.

Die grosse Mehrzahl meiner Gegner sind entschiedene Feinde der Abstammungslehre, welche überhaupt eine natürliche Entwickelung der organischen Natur leugnen, und welche sich die Entstehung des Menschen, ebenso wie die Entstehung der Thier- und Pflanzen-Arten nur mit Hülfe von Wundern, durch übernatürliche Schöpfungs-Acte erklären können. Gegen diese Anhänger des Schöpfungsglaubens habe ich Nichts zu erwidern. Denn die Anthropogenie, als die besondere Anwendung der Descendenz-Theorie auf den Menschen, hat die Anerkennung der letzteren zur natürlichen Voraussetzung; und ich habe meine individuelle Auffassung derselben seit zehn Jahren in der »Generellen Morphologie«, wie in der »Natürlichen Schöpfungsgeschichte«, hinreichend ausführlich erörtert.

Dagegen kann ich nicht umhin, hier meinen Standpunkt gegenüber denjenigen Fachgenossen zu vertheidigen, welche zwar auch auf dem Boden der Descendenz-Theorie und des Darwinismus stehen, aber meine individuelle Auffassung derselben bekämpfen und namentlich ihre Anwendung auf die Anthropogenesis für verfehlt halten. Viele von diesen Naturforschern, die früher entschiedene Gegner der

Abstammungslehre waren, sind neuerdings wohl nur desshalb in Darwin's Lager übergegangen, um nicht ganz wirkungslos auf dem unfruchtbaren Standpunkte der Negation zu verharren. Gegen zwe von diesen Pseudo-Darwinisten, Wilhelm His und Alexande Goette, habe ich mich in einer besonderen Schrift über »Ziele und Wege der heutigen Entwickelungsgeschichte« vertheidigt (Jena 1875). Ich kann hier auf letztere verweisen. Anderseits aber hat es auch nicht an starken Angriffen von Naturforschern gefehlt, die wirklich als namhafte und überzeugte Anhänger der Entwickelungstheori gelten. Unter diesen muss ich hier Carl Vogt und Albert Kölliker einige Worte erwidern.

Carl Vogt, dessen vielfache Verdienste um die Förderung de Zoologie ich stets bereitwilligst anerkannt habe, gehörte nächs Huxley zu denjenigen Naturforschern, welche schon wenige Jahr nach dem Erscheinen von Darwin's »Entstehung der Arten« die An wendung derselben auf den Menschen versuchten und als nothwendi hinstellten. Er hat aber diesen Weg später nicht weiter verfolgt Während nach meiner Ueberzeugung der gegenwärtig bereits erwor bene Schatz von Kenntnissen in der vergleichenden Anatomie un Ontogenie, Paläontologie und Systematik, ausreichend ist, um un die allgemeinsten Anhaltspunkte zur hypothetischen Aufstellung de menschlichen Vorfahrenkette zu geben, ist Vogt jetzt entgegen gesetzter Ansicht und verwirft die von mir aufgestellte Ahnenreih vollständig. Vogt sagt wörtlich: »Es ist uns möglich gewesen, di Behauptung zu begründen, dass Mensch nnd Affe von einem gemein schaftlichen Stamme entsprungen sein müssen — aber mehr habe wir nie behauptet und weiter zurück kann man absolut Nicht belegen, ja nicht einmal mit einiger Wahrscheinlichkeit aufstellen als höchstens das, dass die höheren Säugethiere wohl aus Beutel thieren sich entwickelt haben mögen.« Dieser Ansicht Vogt's gegen über behaupte ich, dass mit derselben logischen »Sicherheit ode Wahrscheinlichkeit« auch die gemeinsame Abstammung aller Säuge thiere von niederen Wirbelthieren, und zwar zunächst von Amphibien weiterhin von Fischen zu »begründen« ist. Mit derselben »Sicherhe oder Wahrscheinlichkeit« — behaupte ich ferner — ist die Abstam mung aller dieser Schädelthiere von Schädellosen (dem Amphioxu

Verwandten), die Abstammung dieser letzteren von Chordoniern (den Ascidien Verwandten) und die Abstammung dieser Chordonier von niederen Würmern zu »begründen«. Mit derselben »Sicherheit oder Wahrscheinlichkeit« — behaupte ich endlich — ist es uns auch »möglich gewesen, die Behauptung zu begründen«, dass diese Würmer wieder von einer Gastraea (gleich der Gastrula) und diese Gastraeaden von einem einzelligen Organismus (gleich einer indifferenten Amoebe) »entsprungen sein müssen«. Die Beweise für diese Behauptungen glaube ich im XIII—XXV. Vortrage dieser dritten Auflage geliefert zu haben.

Jene ganze hypothetische Ahnenreihe verwirft CARL VOGT gänzlich, ohne jedoch eine andere an deren Stelle zu setzen. Insbesondere leugnet er unsere Stammverwandtschaft mit den Selachiern und dem Amphioxus, mit den Ascidien und der Gastrula, obwohl die ausserordentlich hohe phylogenetische Bedeutung gerade dieser lehrreichen Thierformen gegenwärtig von den ersten Autoritäten unserer Wissenschaft fast einstimmig anerkannt ist. Während VOGT sich zu diesen wichtigen, von Tag zu Tag fester begründeten Anschauungen in den schärfsten Gegensatz stellt, verweist er dagegen auf den »genialen« CARL SEMPER, der seine oben angeführten Ansichten theilt, und der die Wirbelthiere direct von den Ringelwürmern ableitet. Ich muss jedoch bedauern, von dieser Hinweisung keinen Gebrauch machen zu können; so wenig als ich mich veranlasst fühle, SEMPER auf seine Streitschrift über den »Haeckelismus in der Zoologie« (Hamburg 1876) zu antworten. Denn abgesehen von seiner mangelhaften Schulbildung und von seinen ungenügenden Kenntnissen im Gesammtgebiete der Zoologie, steht dieser »geniale« Zoologe auch mit der Logik, wie mit der Wahrheit, auf so gespanntem Fusse, dass eine Erwiderung überflüssig erscheint. (Vergl. S. 74 und S. 342.) Ein Beispiel mag als Beleg dafür genügen: Um den wissenschaftlichen Werth des »Haeckelismus« zu bezeichnen, und »um zu beweisen, dass diese Richtung sich immer weiter von eigentlich wissenschaftlicher Naturforschung entfernen muss«, führt SEMPER an, dass »nach HAECKEL's eigenem Ausspruche der Darwinismus die Religion jedes Naturforschers sein sollte«. In Wahrheit rührt aber dieser letztere Satz, den ich für albern halte, nicht von mir her, son-

dern von einem meiner entschiedenen Gegner, Professor Rütimeyer, und ich habe diesen Satz im Vorworte zur III. Auflage der natürlichen Schöpfungsgeschichte nur angeführt, um des letzteren naiven Standpunkt zu kennzeichnen.

Die tiefe Kluft, welche meinen Standpunkt in der Entwickelungsgeschichte und in der Naturwissenschaft überhaupt von demjenigen Vogt's und Semper's trennt, wird durch Nichts besser bezeichnet, als durch unser beiderseitiges Verhältniss zur Philosophie. Carl Vogt ist gleich seinem Freunde Carl Semper ein geschworner Verächter aller Philosophie. Der erstere ergreift jede Gelegenheit, um sich über philosophische Tendenzen und Untersuchungen lustig zu machen: und der letztere weiss mir keinen schwereren Vorwurf zu machen, als den, dass ich Empirie und Philosophie, Erfahrung und Idee, »Beobachtung und Reflexion« zu verschmelzen suche. Ich bin nun allerdings der festen Ueberzeugung, dass eine wahrhaft wissenschaftliche Naturforschung der philosophischen Reflexion ebenso wenig entbehren kann, als eine gesunde Philosophie die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Erfahrung ignoriren darf. Eine »exacte Empirie« ohne die philosophischen Gedanken, welche das Rohmaterial der Thatsachen verbinden und erklären, bringt es bloss zur Anhäufung eines todten Wissensschatzes: umgekehrt vermag die »speculative Philosophie«, welche das sichere Fundament der naturwissenschaftlichen Beobachtung nicht kennt, nur vergängliche Nebelbilder zu schaffen. Nur durch die innigste Verbindung und gegenseitige Durchdringung der Empirie und Philosophie gelangen wir zum Aufbau eines bleibenden und festen Wissenschaftsgebäudes. Die viel geschmähten Anschauungen, die ich in dieser Beziehung vor zehn Jahren in meiner »generellen Morphologie« kundgab, und deren Grundgedanken ich hier auf p. XXX wiederholt habe, vertrete ich ebenso entschieden noch heute.

Uebrigens muss man sehr einseitig oder kurzsichtig sein, wenn man nicht gewahr wird, wie heute auf allen Gebieten des menschlichen Wissens sich die naturgemässe Annäherung der beobachtenden und denkenden Forschung mehr und mehr vollzieht. Die ungeheure Erweiterung des empirischen Wissensgebietes, welche die Fortschritte des letzten halben Jahrhunderts herbeigeführt haben, hat zu einer

entsprechenden Zersplitterung der Detail-Untersuchung und dadurch zu einer Isolirung der divergirenden Bestrebungen geführt, die unmöglich dauernd befriedigen kann. Alle denkenden Beobachter empfinden in Folge dessen nur um so lebhafter das Bedürfniss, sich über den ermüdenden Wust des trockenen Detail-Krams zu allgemeinen Betrachtungen zu erheben und dadurch Fühlung mit verwandten Bestrebungen zu gewinnen. Anderseits ist die Unfruchtbarkeit der rein speculativen Philosophie, die alle jene ungeheuren Fortschritte der Erfahrungs-Wissenschaften ignorirt, so klar zum Bewusstsein aller nüchternen Denker gekommen, dass sie den sicheren Boden der letzteren ernstlich wieder zu gewinnen trachten.

Die täglich wachsende Fluth von naturphilosophischen Schriften und von Abhandlungen über das Verhältniss der Philosophie zur Naturwissenschaft spricht deutlich für dieses erfreuliche Wachsthum des wissenschaftlichen Einheitsdranges. Nichts kommt dem letzteren so sehr entgegen und fördert so sehr die Vereinigung der verschiedenen wissenschaftlichen Bahnen, als die neue Entwickelungslehre. Die ausserordentliche Bedeutung, welche wir derselben beimessen, beruht vor Allem auf ihrer philosophischen Central-Stellung und gerade dadurch hat sie sich ja in so kurzer Zeit die lebhafte Theilnahme aller denkenden Köpfe gewonnen. Sie erhebt uns von der Kenntniss der Thatsachen zur Erkenntniss der Ursachen und verleiht so dem Causalitäts-Bedürfniss unserer menschlichen Vernunft die tiefere Befriedigung, die eine blosse Erfahrungs-Wissenschaft niemals gewähren kann. Wenn also CARL VOGT und viele andere Naturforscher die Philosophie überhaupt verwerfen, und ihr keine Berührung mit der sogenannten »exacten« Naturwissenschaft gestatten wollen, so verzichten sie freiwillig auf jedes höhere Ziel der Forschung. (Vergl. S. 682.)

Einen ähnlichen einseitigen Standpunkt vertritt ALBERT KÖLLIKER. Dieser hat in der neuen (II.) Auflage seiner »Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere« (1876) namentlich das biogenetische Grundgesetz und damit die Basis angegriffen, auf welcher die ganze Anthropogenie ruht. Indessen scheinen mir die meisten seiner Einwendungen durch diejenigen Auseinandersetzungen widerlegt zu werden, welche ich in

der vorliegenden dritten Auflage über die sehr wichtigen Verhältnisse der Palingenesis und Cenogenesis gegeben habe (vergl. namentlich den ersten, achten und zehnten Vortrag). Die Gastraea-Theorie will KÖLLIKER schon desshalb nicht anerkennen, weil bei den Säugethieren und Vögeln nach seinen Untersuchungen keine Gastrula existiren soll. Allein diesen stehen gegenüber die neuesten Untersuchungen von VAN BENEDEN und RAUBER, von denen der erstere beim Kaninchen, der letztere beim Hühnchen eine cenogenetische Gastrula-Form beschreibt, die sich nach der Gastraea-Theorie leicht auf die palingenetische Gastrula des Amphioxus zurückführen lässt. KÖLLIKER sagt schliesslich: »Als letztes und gewichtigstes Argument führe ich nur noch das in's Feld, dass die DARWIN-HAECKEL'sche Phylogenie meiner Meinung nach der Wahrheit nicht entspricht.« Dieses »gewichtigste Argument« ist eine einfache Petitio principii. Der Satz könnte ebenso gut lauten: »Die Phylogenie ist desshalb nicht wahr, weil sie der Wahrheit nicht entspricht.«

Wie verschieden übrigens KÖLLIKER's Auffassung der Entwickelungsgeschichte von der meinigen ist, geht am deutlichsten aus der »allgemeinen Betrachtungen« (§ 29) am Schlusse seines Buches hervor. Hier erklärt der kenntnissreiche Würzburger Anatom mit Bezug auf die Keimesgeschichte seine »wesentliche Uebereinstimmung in den Grundanschauungen« mit dem kenntnissarmen Leipziger Anatomen WILHELM HIS. Welcher Art diese »mechanischen Grundanschauungen« sind, habe ich bereits im XXIV. Vortrage der Anthropogenie (S. 656) und ausführlicher in der Schrift über »Ziele und Wege der heutigen Entwickelungsgeschichte« erläutert. Die berühmten Theorien von HIS, welche ich als Briefcouvert-Theorie, Gummischlauch-Theorie, Höllenlappen-Theorie u. s. w. bezeichnet habe sind die glänzenden Früchte jener »genialen« Bestrebungen und mathematischen Berechnungen. Und doch haben sich Viele durch den »exacten« Schein jener mathematischen Formeln blenden lassen. So wenig aber die Culturgeschichte der Völker, so wenig kann jemals die Entwickelungsgeschichte der Organismen Gegenstand »exacter« Forschung werden. Die Entwickelungsgeschichte ist ihrer Natur nach eine historische Naturwissenschaft, so gut wie die Geologie. Man fällt in die schwersten Irrthümer, wenn man

diese und andere historische Naturwissenschaften als »exacte« betrachten und behandeln will. Das gilt ebenso von der Keimesgeschichte wie von der Stammesgeschichte. Denn zwischen beiden besteht der innigste Causal-Nexus!

Besonders lebhaften Tadel haben von vielen Naturforschern die schematischen Abbildungen der Anthropogenie erfahren. Namentlich die Embryologen von Fach haben mir darüber die schwersten Vorwürfe gemacht und mir den Rath gegeben, an deren Stelle eine grössere Zahl von gut ausgeführten, möglichst exacten Abbildungen zu geben. Indessen halte ich die ersteren für viel belehrender als die letzteren, namentlich in populär-wissenschaftlichen Schriften. Denn jede einfache schematische Abbildung giebt nur die wesentlichen Verhältnisse der Form wieder, die sie erläutern soll, und lässt alles das unwesentliche Beiwerk bei Seite, das bei ausgeführten, exacten Bildern meist mehr stört und verwirrt, als belehrt und erklärt. Je verwickelter die Form-Verhältnisse sind, desto mehr erleichtern einfache Diagramme deren Verständniss. Daher haben auch die wenigen, einfachen und rohen, schematischen Abbildungen, mit denen Baer vor einem halben Jahrhundert seine classische »Entwickelungsgeschichte der Thiere« begleitete, mehr zu deren Verständniss beigetragen, als alle die zahlreichen und höchst sorgfältig mit Hülfe der Camera lucida ausgeführten Bilder, welche heute die luxuriösen und kostspieligen Atlanten von His, Goette u. A. zieren. Wenn man meinen schematischen Abbildungen den Vorwurf macht, dass sie »erfunden« seien und mir das als »Fälschung der Wissenschaft« auslegt, so gilt das in gleicher Weise auch von allen anderen Diagrammen, die tausendfach tagtäglich im Unterrichte verwendet werden. Alle schematischen Abbildungen sind als solche »erfunden«!

Die wichtigen und vielseitigen Fortschritte, welche sowohl Keimesgeschichte als Stammesgeschichte in den letzten beiden Jahrren gemacht haben, insbesondere die Reform der Keimblätterlehre und der Ausbau der Gastraea-Theorie, haben mich genöthigt, den zweiten und dritten Abschnitt der Anthropogenie wesentlich umzuarbeiten. Namentlich haben der VIII., IX., XVI. und XIX. Vortrag eine ganz neue Gestalt gewonnen. Aber auch im ersten und vierten Abschnitt habe ich Vieles umarbeiten und das Meiste verbessern

müssen. Zugleich habe ich mir möglichste Mühe gegeben, durch Verbesserung der formalen Darstellung den ausserordentlich spröden und schwerfälligen Stoff geniessbarer zu gestalten. Freilich ist diese Aufgabe ungemein schwierig, und ich bin mir wohl bewusst, wie weit trotz aller aufgewendeten Mühe auch diese dritte Auflage der Anthropogenie noch davon entfernt ist, wirklich »gemeinverständliche« Vorträge über die menschliche Keimes- und Stammesgeschichte zu bieten. Da der mangelhafte naturwissenschaftliche Schulunterricht den »gebildeten« Menschen auch noch heute über Bau und Verrichtung seines Körpers ganz oder grösstentheils im Dunkeln lässt, fehlt meistens der anatomische und physiologische Boden, auf dem allein ein wirkliches Verständniss seiner Keimes- und somit auch seiner Stammesgeschichte gewonnen werden kann. Und doch ist sicher, wie BAER sagt, »keine Untersuchung des freien und denkenden Menschen würdiger, als die Erforschung seiner selbst«. (Vergl. S. 197.) In der Hoffnung, zu dieser wahren Selbst-Erkenntniss Einiges beigetragen zu haben, werde ich den Zweck meiner Arbeit erreicht sehen, wenn dadurch das lebendige Interesse für die historische Entwickelung unseres thierischen Organismus in weiteren Kreisen geweckt und das Verständniss dieses bedeutungsvollsten Vorganges gefördert wird.

Jena, den 6. October 1876.

Ernst Heinrich Haeckel.

Prometheus.

Bedecke deinen Himmel, Zeus, mit Wolkendunst,
Und übe, dem Knaben gleich, der Disteln köpft,
An Eichen dich und Bergeshöhn;
Musst mir meine Erde doch lassen stehn,
Und meine Hütte, die du nicht gebaut,
Und meinen Heerd, um dessen Gluth
Du mich beneidest.

Ich kenne nichts Aermeres
Unter der Sonn', als euch Götter!
Ihr nähret kümmerlich
Von Opfersteuern und Gebetshauch eure Majestät,
Und darbtet, wären nicht Kinder und Bettler
Hoffnungsvolle Thoren.

Da ich ein Kind war, nicht wusste wo aus noch ein,
Kehrt' ich mein verirrtes Auge zur Sonne,
Als wenn drüber wär'
Ein Ohr, zu hören meine Klage,
Ein Herz, wie mein's, sich des Bedrängten zu erbarmen.

Wer half mir wider der Titanen Uebermuth?
Wer rettete vom Tode mich, von Sclaverei?
Hast du nicht Alles selbst vollendet, heilig glühend Herz?
Und glühtest, jung und gut, betrogen, Rettungsdank
Dem Schlafenden da droben?

Ich dich ehren? Wofür?
Hast du die Schmerzen gelindert je des Beladenen?
Hast du die Thränen gestillet je des Geängstigten?
Hat mich nicht zum Manne geschmiedet
Die allmächtige Zeit und das ewige Schicksal,
Meine Herren und deine?

Wähntest du etwa, ich sollte das Leben hassen,
In Wüsten fliehen, weil nicht alle
Blüthenträume reiften?

Hier sitz' ich, forme Menschen nach meinem Bilde,
Ein Geschlecht, das mir gleich sei,
Zu leiden, zu weinen,
Zu geniessen und zu freuen sich,
Und dein nicht zu achten,
Wie ich!

GOETHE.

Faust.

Der Erdenkreis ist mir genug bekannt;
Nach drüben ist die Aussicht uns verrannt.
Thor, wer dorthin die Augen blinzend richtet,
Sich über Wolken seines Gleichen dichtet!

Er stehe fest und sehe hier sich um;
Dem Tüchtigen ist diese Welt nicht stumm.
Was braucht er in die Ewigkeit zu schweifen?
Was er erkennt, lässt sich ergreifen!

Er wandle so den Erdentag entlang;
Wenn Geister spuken, geh' er seinen Gang;
Im Weiterschreiten find' er Qual und Glück,
Ob unbefriedigt jeden Augenblick!

Ja, diesem Sinne bin ich ganz ergeben,
Das ist der Weisheit letzter Schluss:
Nur der verdient sich Freiheit wie das Leben,
Der täglich sie erobern muss!

GOETHE.

Erster Vortrag.

Das Grundgesetz der organischen Entwickelung.

»Die Entwickelungsgeschichte der Organismen zerfällt in zwei nächst verwandte und eng verbundene Zweige: die Ontogenie oder die Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen, und die Phylogenie oder die Entwickelungsgeschichte der organischen Stämme. Die Ontogenie ist die kurze und schnelle Recapitulation der Phylogenie, bedingt durch die physiologischen Functionen der Vererbung (Fortpflanzung) und Anpassung (Ernährung). Das organische Individuum wiederholt während des raschen und kurzen Laufes seiner individuellen Entwickelung die wichtigsten von denjenigen Formveränderungen, welche seine Voreltern während des langsamen und langen Laufes ihrer paläontologischen Entwickelung nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung durchlaufen haben.«

GENERELLE MORPHOLOGIE (1866).

Inhalt des ersten Vortrages.

Allgemeine Bedeutung der Entwickelungsgeschichte des Menschen. Unkenntniss derselben in den sogenannten gebildeten Kreisen. Die beiden verschiedenen Theile der Entwickelungsgeschichte: Ontogenie oder Keimesgeschichte, und Phylogenie oder Stammesgeschichte. Ursächlicher Zusammenhang zwischen den beiden Entwickelungsreihen. Die Stammesentwickelung ist die Ursache der Keimesentwickelung. Die Ontogenie als Auszug oder Recapitulation der Phylogenie. Unvollständigkeit dieses Auszuges. Das biogenetische Grundgesetz. Vererbung und Anpassung sind die beiden formbildenden Functionen oder die mechanischen Ursachen der Entwickelung. Ausschluss zweckthätiger Ursachen. Alleinige Gültigkeit mechanischer Ursachen. Verdrängung der dualistischen oder zwiespältigen durch die monistische oder einheitliche Weltanschauung. Principielle Bedeutung der embryologischen Thatsachen für die monistische Philosophie. Palingenie oder Auszugsgeschichte und Cenogenie oder Fälschungsgeschichte. Entwickelungsgeschichte der Formen und der Functionen. Nothwendiger Zusammenhang der Physiogenie und Morphogenie. Die bisherige Entwickelungsgeschichte ist fast ausschliesslich eine Frucht der Morphologie, nicht der Physiologie. Die Entwickelungsgeschichte des Centralnervensystems (des Gehirns und Rückenmarks) geht Hand in Hand mit derjenigen der Geistesthätigkeit oder der Seele.



I.

Meine Herren!

Das Gebiet von Naturerscheinungen, in welches ich Sie durch diese Vorträge über Entwickelungsgeschichte des Menschen einzuführen wünsche, nimmt in dem weiten Reiche naturwissenschaftlicher Forschung eine ganz eigenthümliche Stellung ein. Es giebt wohl keinen Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung, welcher den Menschen näher berührt und dessen Erkenntniss dem Menschen mehr angelegen sein sollte, als der menschliche Organismus selbst. Unter allen den verschiedenen Zweigen aber, welche die Naturgeschichte des Menschen oder die »Anthropologie« umfasst, sollte eigentlich die natürliche Entwickelungsgeschichte desselben die lebendigste Theilnahme erwecken. Denn sie giebt uns den Schlüssel zur Lösung der grössten Räthsel, an denen die menschliche Wissenschaft arbeitet. Das Räthsel von dem eigentlichen Wesen des Menschen, oder die sogenannte Frage von »der Stellung des Menschen in der Natur«, und was damit zusammenhängt, die Fragen von der Vergangenheit, der ältesten Geschichte, der gegenwärtigen Wesenheit und der Zukunft des Menschen, alle diese höchst wichtigen Fragen hängen unmittelbar und auf das Engste mit demjenigen Zweige der Naturlehre zusammen, den wir Entwickelungsgeschichte des Menschen oder mit einem Worte »Anthropogenie«[1]) nennen. Und dennoch ist es eine zwar höchst erstaunliche, aber unbestreitbare Thatsache, dass die Entwickelungsgeschichte des Menschen gegenwärtig noch keinen Bestandtheil der allgemeinen Bildung ausmacht. In Wahrheit sind noch heute unsere sogenannten »gebildeten Kreise« mit den allerwichtigsten Verhältnissen und mit den allermerkwürdigsten Erscheinungen, welche uns die Anthropogenie darbietet, völlig unbekannt.

Als Beleg für diese erstaunliche Thatsache führe ich nur an, dass die meisten sogenannten »Gebildeten« nicht einmal wissen, dass sich jedes menschliche Individuum aus einem Ei entwickelt, und dass dieses Ei nichts Anderes ist als eine einfache Zelle, wie jedes Thier-



Ei oder Pflanzen-Ei. Eben so unbekannt ist den Meisten die Thatsache, dass bei der Entwickelung dieses Eies sich anfangs ein Körper bildet, der völlig vom ausgebildeten menschlichen Körper verschieden ist und keine Spur von Aehnlichkeit mit diesem besitzt. Die meisten »Gebildeten« haben niemals einen solchen menschlichen Keim oder Embryo[2] aus früher Zeit der Entwickelung gesehen und wissen nicht, dass derselbe von anderen Thier-Embryonen gar nicht zu unterscheiden ist. Sie wissen nicht, dass dieser Embryo zu einer gewissen Zeit im Wesentlichen den anatomischen Bau eines Lanzetthierchens, später eines Fisches, noch später den Bau von Amphibien-Formen und Säugethier-Formen besitzt; ja dass bei weiterer Entwickelung dieser letzteren zuerst Formen erscheinen, welche auf der tiefsten Stufe der Säugethierreihe stehen — Formen, welche den Schnabelthieren, dann solche, welche den Beutelthieren nächst verwandt sind, und erst später solche Formen, welche die grösste Aehnlichkeit mit Affen besitzen, bis endlich zuletzt als Schluss-Resultat die eigentlich menschliche Form erscheint. Diese bedeutungsvollen Thatsachen sind, wie gesagt, in den weitesten Kreisen noch jetzt völlig unbekannt; so unbekannt, dass sie bei ihrer gelegentlichen Erwähnung gewöhnlich bezweifelt oder geradezu als fabelhafte Erfindungen angesehen werden. Jedermann weiss, dass sich der Schmetterling aus der Puppe, und diese Puppe aus einer ganz davon verschiedenen Raupe, sowie die Raupe aus dem Ei des Schmetterlings entwickelt. Aber mit Ausnahme der Aerzte wissen nur Wenige, dass der Mensch während seiner individuellen Entwickelung eine Reihe von Verwandlungen durchmacht, die nicht weniger erstaunlich und merkwürdig sind, als die allbekannte Metamorphose des Schmetterlings.

Gewiss darf schon an sich die Verfolgung dieser merkwürdigen Formenreihe, welche der Mensch während seiner embryonalen Entwickelung durchläuft, Anspruch auf allgemeines Interesse machen. Aber eine ungleich höhere Befriedigung wird unser Verstand dann gewinnen, wenn wir diese wunderbaren Thatsachen auf ihre wirklichen Ursachen beziehen, und wenn wir in ihnen Naturerscheinungen verstehen lernen, die von der allergrössten Bedeutung für das gesammte menschliche Wissensgebiet sind. Diese Bedeutung betrifft zunächst insbesondere die »natürliche Schöpfungsgeschichte«, im Anschlusse daran aber, wie wir sogleich sehen werden, die gesammte Philosophie. Da nun in der Philosophie die allgemeinsten Resultate des gesammten menschlichen Erkenntniss-Strebens gesammelt sind, so werden alle menschlichen Wissenschaften mehr

oder minder von der Entwickelungsgeschichte des Menschen berührt und beeinflusst werden müssen.

Indem ich nun in diesen Vorträgen den Versuch unternehme, Sie mit den wichtigsten Grundzügen dieser bedeutungsvollen Erscheinungen bekannt zu machen, und auf deren Ursachen hinzuführen, werde ich Begriff und Aufgabe der menschlichen Entwickelungsgeschichte bedeutend weiter fassen, als es gewöhnlich geschieht. Die akademischen Vorlesungen über diesen Gegenstand, wie sie seit einem halben Jahrhundert an den deutschen Hochschulen gehalten werden, sind stets ausschliesslich für Mediciner berechnet. Allerdings hat ja auch zunächst der Arzt das grösste Interesse, die Entstehung der körperlichen Organisation des Menschen kennen zu lernen, mit welcher er täglich in seinem Berufe sich praktisch beschäftigt. Eine solche specielle Darstellung der individuellen Entwickelungsvorgänge, wie sie in jenen embryologischen Vorlesungen bisher üblich war, darf ich hier nicht zu geben wagen, weil die Meisten von Ihnen keine menschliche Anatomie studirt haben und mit dem Körperbau des entwickelten Menschen nicht vertraut sind. Ich muss mich deshalb darauf beschränken, viele Verhältnisse nur in den allgemeinen Umrissen zu betrachten und kann nicht auf alle die merkwürdigen, aber sehr verwickelten und schwer darstellbaren Einzelheiten eingehen, welche insbesondere bei der speciellen Entwickelungsgeschichte der menschlichen Organe zur Sprache kommen und für deren volles Verständniss eine genaue Kenntniss der menschlichen Anatomie erforderlich ist. Doch werde ich mich bestreben, in diesem Theile der Wissenschaft so populär als möglich zu sein. Auch lässt sich in der That eine befriedigende allgemeine Vorstellung von dem Gange der embryonalen Entwickelung des Menschen geben, ohne dass man zu sehr auf die anatomischen Einzelheiten einzugehen braucht. Wie bereits in anderen Zweigen der Naturwissenschaft neuerdings vielfach mit Erfolg versucht worden ist, das Interesse weiterer gebildeter Kreise daran zu erwecken, so wird es mir hoffentlich auch auf diesem Gebiete gelingen. Allerdings stellt dasselbe in mancher Beziehung uns mehr Hindernisse entgegen, als jedes andere.

Die Entwickelungsgeschichte des Menschen, wie sie bisher in den akademischen Vorlesungen für Mediciner stets vorgetragen worden ist, hat immer nur die sogenannte Embryologie[3]) oder richtiger Ontogenie[4]), die »individuelle Entwickelungsgeschichte« des menschlichen Organismus, behandelt. Dies ist aber nur der erste Theil unserer Aufgabe, nur die erste Hälfte der Entwickelungsgeschichte

des Menschen in dem weiteren Sinne, in welchem wir uns hier mit derselben beschäftigen wollen. Dieser gegenüber steht als zweite Hälfte, als zweiter, ebenso wichtiger und interessanter Theil die Entwickelungsgeschichte des menschlichen Stammes, die Phylogenie[5]; das ist die Entwickelungsgeschichte der verschiedenen Thierformen, aus denen sich im Laufe ungezählter Jahrtausende allmählich das Menschengeschlecht hervorgebildet hat. Ihnen Allen ist die gewaltige wissenschaftliche Bewegung bekannt, welche seit dem Jahre 1859 der grosse englische Naturforscher CHARLES DARWIN durch sein berühmtes Buch über die Entstehung der Arten hervorgerufen hat. Als wichtigste unmittelbare Folge hat dieses epochemachende Werk neue Forschungen über den Ursprung des Menschengeschlechts veranlasst, welche dessen allmähliche Entwickelung aus niederen Thierformen unzweifelhaft nachgewiesen haben. Wir nennen die Wissenschaft, welche diesen Ursprung des Menschengeschlechts aus dem Thierreiche zu erkennen bemüht ist, die Phylogenie oder Stammesgeschichte des Menschen. Die wichtigste Quelle, aus welcher die letztere schöpft, ist eben die Ontogenie oder Keimesgeschichte, die individuelle Entwickelungsgeschichte. Ausserdem aber liefert auch die Paläontologie oder Versteinerungskunde ihr die wichtigsten Stützpunkte, und in noch viel höherem Maasse die vergleichende Anatomie.

Diese beiden Theile unserer Wissenschaft, einerseits die Ontogenie oder Keimesgeschichte, andererseits die Phylogenie oder Stammesgeschichte, stehen im allerengsten Zusammenhange, und die eine kann ohne die andere gar nicht verstanden werden. Erst durch die innige Wechselwirkung beider Zweige, durch die gegenseitige Ergänzung der »Keimes- und Stammes-Geschichte«, erhebt sich die Biogenie[6] oder die »organische Entwickelungsgeschichte« im weitesten Sinne zum Range einer philosophischen Naturwissenschaft. Denn der Zusammenhang zwischen beiden Zweigen ist nicht äusserer, oberflächlicher, sondern tief innerer, ursächlicher Natur. Diese wichtige Erkenntniss ist erst eine Errungenschaft der neuesten Zeit, und findet ihren klarsten und präcisesten Ausdruck in dem umfassenden Gesetze, welches ich das Grundgesetz der organischen Entwickelung oder kurz das »biogenetische Grundgesetz«[7] genannt habe. Dieses fundamentale Gesetz, auf das wir immer wieder zurückkommen werden und von dessen Anerkennung das ganze innere Verständniss der Entwickelungsgeschichte abhängt, lässt sich kurz in dem Satze ausdrücken: Die Keimesgeschichte ist ein Auszug der Stammesgeschichte; oder mit anderen Worten: Die

Ontogenie ist eine Recapitulation der Phylogenie; oder etwas ausführlicher: Die Formenreihe, welche der individuelle Organismus während seiner Entwickelung von der Eizelle an bis zu seinem ausgebildeten Zustande durchläuft, ist eine kurze, gedrängte Wiederholung der langen Formenreihe, welche die thierischen Vorfahren desselben Organismus (oder die Stammformen seiner Art) von den ältesten Zeiten der sogenannten organischen Schöpfung an bis auf die Gegenwart durchlaufen haben.

Die ursächliche oder causale Natur des Verhältnisses, welches die Keimesgeschichte mit der Stammesgeschichte verbindet, ist in den Erscheinungen der Vererbung und der Anpassung begründet. Wenn wir diese richtig verstanden und ihre fundamentale Bedeutung für die Formbildung der Organismen erkannt haben, dann können wir noch einen Schritt weiter gehen und können sagen: **Die Phylogenese ist die mechanische Ursache der Ontogenese.** Die Stammesentwickelung bewirkt nach den physiologischen Gesetzen der Vererbung und Anpassung alle die Vorgänge, welche in der Keimesentwickelung summirt zu Tage treten.

Die Kette von verschiedenartigen Thiergestalten, welche nach der Descendenztheorie die Ahnenreihe oder Vorfahrenkette jedes höheren Organismus, und also auch des Menschen, zusammensetzen, stellt immer ein zusammenhängendes Ganzes dar. Wir können diese ununterbrochene Gestaltenfolge mit der Buchstabenreihe des Alphabets bezeichnen: A, B, C, D, E u. s. w. bis Z. In scheinbarem Widerspruche hierzu führt uns die individuelle Entwickelungsgeschichte oder die Ontogenie der meisten Organismen nur einen Bruchtheil dieser Formenreihe vor Augen, so dass die lückenhafte embryonale Gestaltenkette etwa lauten würde: A, B, F, H, I, K, L u. s. w. oder in anderen Fällen: B, D, H, L, M, N u. s. w. Es sind also hier gewöhnlich viele einzelne Entwickelungsformen aus der ursprünglich ununterbrochenen Formenkette ausgefallen. Auch sind häufig, um bei diesem Bilde des wiederholten Alphabets zu bleiben, einzelne oder viele Buchstaben der Stammformen an der entsprechenden Stelle der Keimformen durch gleichlautende Buchstaben eines anderen Alphabets ersetzt. So finden wir z. B. oft an Stelle des lateinischen B und D ein griechisches B und Δ. Hier ist also die Schrift des biogenetischen Grundgesetzes gefälscht, während sie im ersteren Falle abgekürzt war. Um so wichtiger ist es, dass trotzdem die **Reihenfolge** der Formen dieselbe bleibt, und dass wir im Stande sind, den ursprünglichen Zusammenhang derselben zu erkennen.

In der That existirt immer ein gewisser Parallelismus der beiden Entwickelungsreihen. Aber dieser wird dadurch verwischt, dass meistens in der ontogenetischen Entwickelungsreihe Vieles fehlt und verloren gegangen ist, was in der phylogenetischen Entwickelungsreihe früher existirte und wirklich gelebt hat. Wenn der Parallelismus beider Reihen vollständig wäre, und wenn dieses grosse Grundgesetz von dem Causalnexus der Ontogenie und Phylogenie im eigentlichen Sinne des Wortes volle und unbedingte Geltung hätte, so würden wir bloss mit Hülfe des Mikroskopes und des anatomischen Messers die Formenreihe festzustellen haben, welche das befruchtete Ei des Menschen bis zu seiner vollkommenen Ausbildung durchläuft: wir würden dadurch sofort uns ein vollständiges Bild von der merkwürdigen Formenreihe verschaffen, welche die thierischen Vorfahren des Menschengeschlechts von Anbeginn der organischen Schöpfung an bis zum ersten Auftreten des Menschen durchlaufen haben. Jene Wiederholung der Keimesgeschichte durch die Stammesgeschichte ist aber nur in seltenen Fällen ganz vollständig und entspricht nur selten der ganzen Buchstabenreihe des Alphabets. In den allermeisten Fällen ist vielmehr dieser Auszug sehr unvollständig, vielfach durch Ursachen, die wir später kennen lernen werden, verändert und gefälscht. Wir sind daher meistens nicht im Stande, alle verschiedenen Formzustände, welche die Vorfahren jedes Organismus durchlaufen haben, unmittelbar durch die Ontogenie im Einzelnen festzustellen; vielmehr stossen wir gewöhnlich — und so auch in der Phylogenie des Menschen — auf mannichfache Lücken. Zwar können wir diese Lücken mit Hülfe der vergleichenden Anatomie zum grössten Theil in befriedigender Weise überbrücken, aber doch nicht unmittelbar vor dem wissbegierigen Auge durch ontogenetische Beobachtung ausfüllen. Um so wichtiger ist es, dass wir eine ganze Anzahl von niederen Thierformen kennen, welche noch jetzt in der individuellen Entwickelungsgeschichte des Menschen vertreten sind. Hier dürfen wir mit der grössten Sicherheit aus der Beschaffenheit der vorübergehenden individuellen Form auf die einstmalige Beschaffenheit der thierischen Vorfahrenform schliessen.

Um nur einige Beispiele anzuführen, so können wir aus der Thatsache, dass das menschliche Ei eine einfache Zelle ist, unmittelbar auf eine uralte einzellige Vorfahrenform des Menschengeschlechts einer Amoebe gleich schliessen. Ebenso lässt sich aus der Thatsache, dass der menschliche Embryo anfänglich bloss aus zwei einfachen Keimblättern besteht, unmittelbar ein sicherer Schluss auf die

uralte Ahnenform der zweiblätterigen Gastraea ziehen. Eine spätere Embryonalform des Menschen deutet eben so bestimmt auf eine uralte wurmartige Ahnenform hin, die in den heutigen Seescheiden oder Ascidien ihre nächsten Verwandten besitzt. Welche niederen Thierformen aber zwischen der einzelligen Amoebe und der Gastraea, und weiterhin zwischen der Gastraea und der Ascidie die Vorfahrenreihe des Menschen zusammensetzten, das lässt sich nur mittelbar und annähernd mit Hülfe der vergleichenden Anatomie und Ontogenie errathen. Hier sind im Verlaufe der historischen Entwickelung (durch abgekürzte Vererbung) allmählich verschiedene ontogenetische Zwischenformen ausgefallen, welche phylogenetisch (in der Vorfahrenkette) existirt haben müssen. Aber trotz dieser zahlreichen und bisweilen sehr fühlbaren Lücken existirt doch im Ganzen durchaus kein Widerspruch zwischen beiden Entwickelungsreihen. Vielmehr wird es eine Hauptaufgabe dieser Vorträge sein, die innere Harmonie und den ursprünglichen Parallelismus beider Reihen nachzuweisen. Ich hoffe Sie durch Anführung zahlreicher Thatsachen zu überzeugen, wie wir aus der factisch bestehenden, jeden Augenblick zu demonstrirenden embryonalen Formenreihe die wichtigsten Schlüsse auf den Stammbaum des Menschen ziehen können. Wir werden dadurch in den Stand gesetzt, uns ein allgemeines Bild von der Formenreihe der Thiere zu entwerfen, welche als directe Vorfahren des Menschen in dem langen Laufe der organischen Erdgeschichte auf einander folgten.

Natürlich wird es bei dieser phylogenetischen Deutung der ontogenetischen Erscheinungen vor Allem darauf ankommen, scharf und klar zwischen den ursprünglichen palingenetischen und den späteren cenogenetischen Vorgängen der Entwickelung zu unterscheiden. *Palingenetische Processe*[8] oder keimesgeschichtliche Wiederholungen nennen wir alle jene Erscheinungen in der individuellen Entwickelungsgeschichte, welche durch die conservative *Vererbung* getreu von Generation zu Generation übertragen worden sind und welche demnach einen unmittelbaren Rückschluss auf entsprechende Vorgänge in der Stammesgeschichte der entwickelten Vorfahren gestatten. *Cenogenetische Processe*[9] hingegen oder keimesgeschichtliche Fälschungen nennen wir alle jene Vorgänge in der Keimesgeschichte, welche nicht auf solche Vererbung von uralten Stammformen zurückführbar, vielmehr erst später durch *Anpassung* der Keime oder der Jugendformen an bestimmte *Bedingungen der Keimesentwickelung* hinzugekommen sind. Diese cenogenetischen Erscheinungen sind fremde Zuthaten, welche

durchaus keinen unmittelbaren Schluss auf entsprechende Vorgänge in der Stammesgeschichte der Ahnenreihe erlauben, vielmehr die Erkenntniss der letzteren geradezu fälschen und verdecken.

Für die wissenschaftliche Phylogenie, welche aus dem vorhandenen empirischen Materiale der Ontogenie, der vergleichenden Anatomie und der Paläontologie auf die längst entschwundenen historischen Processe der Stammesgeschichte Schlüsse ziehen will, muss natürlich jene kritische Unterscheidung der primaeren palingenetischen und der secundären cenogenetischen Processe von der grössten Bedeutung sein. Sie ist für den Entwickelungsforscher von derselben Bedeutung, wie für den Philologen die kritische Unterscheidung der echten und unechten Stellen in den Werken eines alten Schriftstellers: die Sonderung des ursprünglichen Textes und der späteren Zusätze und Fälschungen. Zwar ist jene Unterscheidung der »Palingenesis oder Auszugs-Entwickelung« und der »Cenogenesis oder Fälschungs-Entwickelung« bisher nicht entfernt von den Naturforschern gewürdigt worden. Ich halte sie aber für die erste Vorbedingung jedes wahren Verständnisses der Entwickelungsgeschichte, und ich glaube, dass man demgemäss in der Keimesgeschichte geradezu zwei verschiedene Haupttheile unterscheiden muss: die Palingenie oder Auszugsgeschichte und die Cenogenie oder Fälschungsgeschichte.

Um sofort an einigen Beispielen aus der Anthropogenie diese höchst wichtige Unterscheidung zu erläutern, so müssen wir beim Menschen, wie bei allen anderen höheren Wirbelthieren, folgende Vorgänge in der Keimesgeschichte als palingenetische Processe auffassen: die Bildung der beiden primären Keimblätter, das Auftreten eines einfachen Axenstabes (Chorda) zwischen Markrohr und Darmrohr, die vorübergehende Bildung der Kiemenbogen und Kiemenspalten, der Urnieren, der Urhirn-Blasen, die zwitterige Anlage der Geschlechts-Organe u. s. w. Alle diese und viele andere wichtige Erscheinungen sind offenbar von den uralten Vorfahren der Säugethiere getreu durch beständige Vererbung übertragen und demnach unmittelbar auf entsprechende paläontologische Entwickelungs-Vorgänge in deren Stammesgeschichte zu beziehen. Hingegen ist das durchaus nicht der Fall bei folgenden Keimungs-Vorgängen, die wir als cenogenetische Processe zu beurtheilen haben: Die Bildung des Dottersackes, der Allantois und Placenta, des Amnion und Chorion, überhaupt der verschiedenen Eihüllen und der entsprechenden Blutgefäss-Verästelungen; ferner die vorübergehende Trennung von Ur-

wirbelplatten und Seitenplatten, der secundäre Verschluss der Bauchwand und Darmwand, die Bildung des Nabels u. s. w. Alle diese und viele andere Erscheinungen sind offenbar nicht auf entsprechende Verhältnisse einer früheren selbständigen und völlig entwickelten Stammform zu beziehen, vielmehr lediglich durch Anpassung an die eigenthümlichen Bedingungen des Eilebens oder Embryolebens (innerhalb der Eihüllen) entstanden. Mit Rücksicht hierauf werden wir jetzt unserem biogenetischen Grundgesetze folgende schärfere Fassung geben müssen: »Die Keimesentwickelung *(Ontogenesis)* ist eine gedrängte und abgekürzte Wiederholung der Stammesentwickelung *(Phylogenesis)*; und zwar ist diese Wiederholung um so vollständiger, je mehr durch beständige Vererbung die ursprüngliche Auszugsentwickelung *(Palingenesis)* beibehalten wird: hingegen ist die Wiederholung um so unvollständiger, je mehr durch wechselnde Anpassung die spätere Fälschungsentwickelung *(Cenogenesis)* eingeführt wird« [10].

Die cenogenetischen Fälschungen des ursprünglichen palingenetischen Entwickelungsganges beruhen zum grossen Theile auf einer allmählich eingetretenen Verschiebung der Erscheinungen, welche durch die Anpassung an die veränderten embryonalen Existenz-Bedingungen im Laufe vieler Jahrtausende bewirkt worden ist. Diese Verschiebung kann sowohl den Ort, als die Zeit der Erscheinung betreffen. Jene erstere nennen wir Heterotopie, diese letztere Heterochronie.

Die »Ortsverschiebungen« oder Heterotopien betreffen zunächst die Zellen oder die Elementartheile, aus denen sich die Organe zusammensetzen; weiterhin aber auch die Organe selbst. So scheinen z. B. die Geschlechtsorgane beim Embryo des Menschen und vieler höheren Thiere aus dem mittleren Keimblatte ihre erste Entstehung zu nehmen. Hingegen belehrt uns die vergleichende Ontogenie der niederen Thiere, dass dieselben ursprünglich nicht hier, sondern in einem der primären Keimblätter entstanden sind: und zwar die männlichen im äusseren, die weiblichen im inneren Keimblatte. Allmählich haben aber die Keimzellen ihre ursprüngliche Lage so geändert und sind so frühzeitig aus ihrer Ursprungsstätte in das mittlere Keimblatt hinüber gewandert, dass sie gegenwärtig hier wirklich zu entstehen scheinen. Eine ähnliche Heterotopie erleiden die Urnieren der höheren Wirbelthiere. Auch bei der Entstehung des Mesoderms selbst spielen die Ortsverschiebungen, welche mit Wanderungen der Embryonal-Zellen aus einem Keimblatt in das andere verbunden sind, eine sehr wichtige Rolle.

Nicht minder bedeutungsvoll sind die cenogenetischen **Zeitverschiebungen** oder Heterochronien. Sie äussern sich darin, dass die Reihenfolge, in der die Organe nach einander auftreten, in der Keimesgeschichte anders ist, als man nach der Stammesgeschichte erwarten sollte. Wie bei der Heterotopie die Raumfolge, so wird bei der Heterochronie die Zeitfolge gefälscht. Diese Fälschung kann sowohl eine Beschleunigung als eine Verzögerung in der Erscheinung der Organe bewirken. Als eine Beschleunigung oder Verfrühung, als eine »ontogenetische Acceleration«, müssen wir z. B. in der Keimesgeschichte des Menschen ansehen: das frühzeitige Auftreten des Herzens, der Kiemenspalten, des Gehirns, der Augen, der Chorda u. s. w. Offenbar erscheinen diese Organe im Verhältniss zu anderen viel früher, als es ursprünglich in der Stammesgeschichte der Fall war. Das Umgekehrte gilt von der verspäteten Ausbildung des Darmcanals, der Leibeshöhle, der Geschlechtsorgane. Hier liegt offenbar eine Verzögerung oder Verspätung, eine »ontogenetische Retardation« vor.

Nur wenn man diese cenogenetischen Vorgänge im Verhältniss zu den palingenetischen kritisch würdigt, und wenn man beständig auf die Abänderungen Rücksicht nimmt, welche die Auszugs-Entwickelung durch die Fälschungs-Entwickelung erleiden kann, wird man die fundamentale Bedeutung des biogenetischen Grundgesetzes erkennen und dasselbe als wichtigstes Erklärungs-Princip der Entwickelungsgeschichte verwerthen können. Bei einer solchen kritischen Verwerthung bewährt sich dasselbe aber auch stets als der »rothe Faden«, an dem wir alle einzelnen Erscheinungen dieses wunderbaren Gebietes aufreihen können: als der »Ariadnefaden«, mit dessen Hülfe allein wir im Stande sind, den Weg des Verständnisses durch dieses verwickelte Formenlabyrinth zu finden. Schon in früherer Zeit, als man mit der Entwickelungsgeschichte des menschlichen und des thierischen Individuums zuerst genauer bekannt wurde — und dies ist kaum ein halbes Jahrhundert her! — , ist man im höchsten Grade durch die wunderbare Aehnlichkeit überrascht worden, welche zwischen den ontogenetischen Formen oder den individuellen Entwickelungsstufen sehr verschiedener Thiere besteht, und man hat auch auf die merkwürdige Aehnlichkeit hingewiesen, welche zwischen ihnen und gewissen entwickelten Thierformen verwandter niederer Gruppen existirt. Schon die ältere Naturphilosophie erkannte ganz richtig, dass solche niedere Thierformen gewissermaassen im Systeme des Thierreiches eine vorübergehende individuelle Entwickelungsform höherer Gruppen bleibend darstellen oder fixiren. Aber man ist früher nicht im Stande

gewesen, diese überraschende Aehnlichkeit zu verstehen und richtig zu deuten. Gerade die Eröffnung dieses Verständnisses verdanken wir DARWIN, indem dieser geniale Naturforscher zum ersten Male die Erscheinungen der Vererbung einerseits, der Anpassung anderseits in das gehörige Licht stellte, und die fundamentale Bedeutung ihrer beständigen Wechselwirkung für die Entstehung der organischen Formen nachwies. Er zeigte zuerst, welche wichtige Rolle hierbei der unaufhörliche, zwischen allen Organismen stattfindende »Kampf ums Dasein« spielt, und wie unter seinem Einflusse (durch »natürliche Züchtung«) neue Arten von Organismen (lediglich durch die Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung) entstanden sind und noch fortwährend entstehen. Dadurch hat uns DARWIN den Weg des wahren Verständnisses für jene unendlich wichtigen Beziehungen zwischen den beiden Theilen der Entwickelungsgeschichte eröffnet, zwischen der Ontogenie und der Phylogenie.

Wenn Sie von den Erscheinungen der Vererbung und der Anpassung absehen, wenn Sie diese beiden formbildenden physiologischen Functionen des Organismus nicht berücksichtigen, so ist jedes tiefere Verständniss der Entwickelungsgeschichte vollkommen unmöglich, und daher hatten wir bis auf DARWIN überhaupt keine klare Vorstellung von dem eigentlichen Wesen und von den Ursachen der Keimesentwickelung. Man konnte sich die sonderbare Formenreihe durchaus nicht erklären, welche der Mensch während seiner embryonalen Entwickelung durchläuft; man begriff nicht, warum diese seltsame Reihe von verschiedenen thierähnlichen Formen in der Ontogenese des Menschen erscheint. Früher nahm man sogar allgemein an, dass der Mensch im Ei bereits mit allen seinen Theilen vorgebildet existire, und dass die Entwickelung desselben nur eine Auswickelung der Gestalt, ein einfaches Wachsthum sei. Dies ist jedoch keineswegs der Fall. Vielmehr führt der ganze individuelle Entwickelungsprocess eine zusammenhängende Reihe von verschiedenartigen Thierformen an unseren Augen vorüber; und diese mannichfaltigen Thierformen zeigen sehr verschiedene äussere und innere Bildungs-Verhältnisse. Warum nun jedes menschliche Individuum diese Formenreihe während seiner embryonalen Entwickelung durchlaufen muss, das ist uns erst durch LAMARCK's und DARWIN's Abstammungslehre oder Descendenztheorie verständlich geworden; durch diese Theorie haben wir erst die bewirkenden Ursachen, die wahren *causae efficientes* der individuellen Entwickelung kennen gelernt; durch diese Theorie sind wir erst zu der Einsicht gelangt, das solche

mechanische Ursachen allein genügen, um die individuelle Entwickelung des Organismus zu bewirken, und dass es dazu nicht noch der früher allgemein angenommenen planmässigen oder zweckthätigen Ursachen (*causae finales*) bedarf. Allerdings spielen diese Zweckursachen auch heute noch in der herrschenden Schulphilosophie eine grosse Rolle; aber in unserer neuen Naturphilosophie sind wir im Stande, dieselben durch die bewirkenden Ursachen völlig auszuschliessen.

Indem ich dieses Verhältniss schon jetzt berühre, glaube ich auf einen der wichtigsten Fortschritte hinzuweisen, der überhaupt im Gebiete der menschlichen Erkenntniss im letzten Jahrzehnt stattgefunden hat. Die Geschichte der Philosophie zeigt uns, dass fast allgemein in der gegenwärtigen Weltanschauung, wie in derjenigen des Alterthums, die zweckthätigen Ursachen als die eigentlichen Grundursachen der Erscheinungen in der organischen Natur, und namentlich im Menschenleben, angesehen werden. Die herrschende »Zweckmässigkeitslehre« oder Teleologie nimmt an, dass die Erscheinungen des organischen Lebens und namentlich diejenigen der Entwickelung nur durch zweckmässige Ursachen erklärbar, hingegen einer mechanischen, d. h. einer rein naturwissenschaftlichen Erklärung durchaus nicht zugänglich sind. Nun sind aber gerade die schwierigsten Räthsel, welche uns in dieser Beziehung bisher vorgelegen haben und welche nur durch die Teleologie lösbar schienen, durch die Descendenztheorie in mechanischem Sinne gelöst worden. Die durch letztere bewirkte Umgestaltung der Entwickelungsgeschichte des Menschen hat hier die grössten Hindernisse thatsächlich beseitigt. Wir werden im Verlaufe unserer Untersuchungen klar erkennen, wie die wunderbarsten, bisher für unzugänglich gehaltenen Räthsel in der Organisation des Menschen und der Thiere durch DARWIN's Reform der Entwickelungslehre einer natürlichen Auflösung, einer mechanischen Erklärung durch zwecklos thätige Ursachen zugänglich geworden sind. Ueberall werden wir dadurch in den Stand gesetzt, unbewusste, nothwendig wirkende Ursachen an die Stelle der bewussten, zweckthätigen Ursachen zu setzen[11].

Wenn die neueren Fortschritte der Entwickelungslehre auch weiter Nichts geleistet hätten, so würde jeder tiefer denkende Mensch zugeben müssen, dass dadurch allein schon ein ungeheurer Fortschritt in der Erkenntniss gewonnen sei. Denn in Folge dessen muss in der gesammten Philosophie jene Richtung endgültig zur Herrschaft gelangen, welche wir die einheitliche oder monistische nennen, im

Gegensatze zu der **dualistischen** oder zwiespältigen, welche bisher in der speculativen Philosophie herrschend war [12]. Hier ist der Hebelpunkt, wo unmittelbar die Entwickelungsgeschichte des Menschen tief in die Fundamente der **Philosophie** eingreift. Allein schon aus diesem Grunde ist es höchst wünschenswerth, ja eigentlich unerlässlich, dass jeder Mensch, welcher nach philosophischer Bildung strebt, sich mit den wichtigsten Thatsachen unseres Forschungsgebietes bekannt macht.

Die Bedeutung der ontogenetischen Thatsachen ist in dieser Beziehung so gross und springt so sehr in die Augen, dass noch in neuester Zeit die dualistische und teleologische Philosophie diese ihr höchst unbequemen Thatsachen durch einfaches Leugnen zu beseitigen gesucht hat. So ging es z. B. mit der Thatsache, dass sich der Mensch aus einem Ei entwickelt, und dass dieses Ei eine einfache Zelle ist, wie die Eizelle aller andern Thiere. Nachdem ich in meiner »Natürlichen Schöpfungsgeschichte« diese fundamentale Thatsache erörtert und auf ihre unermessliche Bedeutung hingewiesen hatte, wurde dieselbe in mehreren theologischen Zeitschriften als eine böswillige Erfindung von mir ausgegeben. Ebenso leugnete man die bedeutungsvolle Thatsache, dass die Embryonen von Mensch und Hund in einem gewissen Stadium ihrer Entwickelung sich kaum von einander unterscheiden lassen. Wenn wir nämlich den menschlichen Embryo in der dritten oder vierten Woche seiner Entwickelung untersuchen, so finden wir ihn gänzlich verschieden von dem vollkommen entwickelten Menschen, hingegen fast übereinstimmend mit der unentwickelten Embryoform, welche der Affe, der Hund, das Kaninchen und andere Säugethiere in demselben Stadium der Ontogenese darbieten. Wir finden einen bohnenförmigen, sehr einfach gebildeten Körper, der hinten mit einem Schwanz, an den Seiten mit zwei Paar Ruderflossen versehen ist, die den Flossen der Fische, aber keineswegs den Gliedmaassen des Menschen und der Säugethiere ähnlich sind. Fast die ganze vordere Körperhälfte bildet ein unförmlicher Kopf ohne Gesicht, an dessen Seite sich Kiemenspalten und Kiemenbogen wie bei den Fischen befinden (vgl. Tafel VII am Ende des XI. Vortrages). Auf diesem Stadium seiner Entwickelung unterscheidet sich der menschliche Embryo in keiner wesentlichen Beziehung von dem gleichalterigen Embryo eines Affen, Hundes, Pferdes, Rindes u. s. w. Auch diese Thatsache, die jeden Augenblick durch Vergleichung der betreffenden Embryonen des Menschen, des Hundes u. s. w. leicht und unmittelbar zu beweisen ist, haben die Theologen und die teleologischen Phi-

losophen für eine Erfindung des Materialismus ausgegeben; und sogar Naturforscher, denen die Thatsache wohl bekannt sein musste, haben dieselbe zu leugnen versucht. Es kann wohl kein glänzenderer Beweis für die unermessliche prinzipielle Bedeutung dieser embryologischen Thatsachen zu Gunsten der monistischen Philosophie geliefert werden, als diese Versuche ihrer dualistischen Gegner, sie einfach durch Leugnen oder Todtschweigen aus der Welt zu schaffen. Freilich sind sie für die letzteren im höchsten Grade unbequem und mit ihrer teleologischen Weltanschauung ganz unverträglich. Um so mehr werden wir unserseits bemüht sein, sie in das gehörige Licht zu stellen. Wir theilen vollständig die Ansicht des berühmten englischen Naturforschers HUXLEY, welcher in seinen trefflichen »Zeugnissen für die Stellung des Menschen in der Natur« sehr richtig bemerkt: »Obgleich diese Thatsachen von vielen anerkannten Lehrern des Volkes ignorirt werden, so sind sie doch leicht nachzuweisen und mit Uebereinstimmung von allen Männern der Wissenschaft angenommen; während anderseits ihre Bedeutung so gross ist, das Diejenigen, welche sie gehörig erwogen haben, meiner Meinung nach wenig andere biologische Offenbarungen finden werden, die sie überraschen können.«

Als unsere Hauptaufgabe werden wir hier zunächst nur die Entwickelungsgeschichte der Körperform des Menschen und seiner Organe, die äusseren und inneren Gestaltungsverhältnisse verfolgen. Doch will ich schon hier darauf aufmerksam machen, dass damit Hand in Hand die Entwickelungsgeschichte der Leistungen oder Functionen geht. Ueberall in der Anthropologie, wie in der Zoologie (von der die erstere ja nur ein Theil ist), überall in der Biologie sind diese beiden Zweige der Forschung unzertrennlich verbunden. Ueberall ist die eigenthümliche Form des Organismus und seiner Organe, innere wie äussere, unmittelbar verknüpft mit der eigenthümlichen Lebenserscheinung oder der physiologischen Function, welche von diesem Organismus und seinen Organen ausgeübt wird. Diese innige Beziehung zwischen Form und Function zeigt sich auch in der Entwickelung des Organismus und aller seiner Theile. Die Entwickelungsgeschichte der Formen, welche uns zunächst beschäftigt, ist zugleich Entwickelungsgeschichte der Functionen, und zwar gilt das vom menschlichen Organismus gerade so gut, wie von jedem anderen Organismus.

Allerdings muss ich hier gleich hinzufügen, dass unsere Kenntnisse von der Entwickelung der Functionen noch nicht entfernt so

weit gediehen sind, als diejenigen von der Entwickelung der Formen. Ja, bisher ist eigentlich die gesammte Entwickelungsgeschichte oder Biogenie, und zwar sowohl die Ontogenie als die Phylogenie, fast ausschliesslich Entwickelungsgeschichte der Formen gewesen und die Biogenie der Functionen existirt kaum dem Namen nach. Das ist lediglich die Schuld der Physiologie, die sich bisher nur sehr wenig um die Entwickelungsgeschichte gekümmert und deren Pflege grösstentheils der Morphologie überlassen hat.

Schon seit langer Zeit sind die beiden Hauptzweige biologischer Forschung, Morphologie und Physiologie, auseinander gegangen und haben verschiedene Wege eingeschlagen. Das ist ganz naturgemäss. Denn sowohl die Ziele als die Methoden beider Zweige sind verschieden. Die Morphologie oder Formenlehre strebt nach dem wissenschaftlichen Verständniss der organischen Gestalten, der inneren und äusseren Formverhältnisse. Die Physiologie oder Functionslehre hingegen sucht die Erkenntniss der organischen Functionen oder der Lebenserscheinungen[13]. Nun hat sich aber, besonders in den letzten zwanzig Jahren, die Physiologie viel einseitiger entwickelt als die Morphologie. Nicht allein hat sie die vergleichende Methode, durch welche die letztere die grössten Resultate erzielt hat, gar nicht angewendet, sondern auch die Entwickelungsgeschichte völlig vernachlässigt. So ist es denn gekommen, dass in den letzten Decennien die Morphologie weitaus die Physiologie überflügelt hat, obgleich die letztere es liebt, sehr vornehm auf die erstere herabzusehen. Die Morphologie hat auf dem Wege der vergleichenden Anatomie und Biogenie die grössten Resultate erzielt, und fast Alles, was ich Ihnen über die Entwickelungsgeschichte des Menschen in diesen Vorträgen zu sagen habe, ist durch die Anstrengungen der Morphologen, nicht der Physiologen, gewonnen worden. Ja, die einseitige Richtung der heutigen Physiologie geht sogar so weit, dass sie die Erkenntniss der wichtigsten Entwickelungs-Functionen, der Vererbung und Anpassung, bisher ganz vernachlässigt und selbst diese rein physiologische Aufgabe den Morphologen überlassen hat. Fast Alles, was wir bis jetzt von der Vererbung und von der Anpassung wissen, verdanken wir den Morphologen, nicht den Physiologen. Letztere bearbeiten noch ebenso wenig die Functionen der Entwickelung, als die Entwickelung der Functionen.

Es wird daher erst die Aufgabe einer zukünftigen Physiogenie sein, die Entwickelungsgeschichte der Functionen mit gleichem Eifer und Erfolge in Angriff zu nehmen, wie dies für die Entwickelungsge-

schichte der Formen von der Morphogenie längst geschehen ist[14]. Wie innig beide zusammenhängen, will ich Ihnen nur an ein paar Beispielen erläutern. Das Herz des menschlichen Embryo zeigt ursprünglich eine sehr einfache Beschaffenheit, wie sie sich nur bei Ascidien und anderen niederen Würmern permanent vorfindet: damit ist zugleich eine höchst einfache Art des Blutkreislaufes verbunden. Wenn wir nun anderseits sehen, dass mit der fertigen Herzform des Menschen eine von der ersteren gänzlich verschiedene und viel verwickeltere Function des Blutkreislaufes zusammenhängt, so wird sich bei Untersuchung der Entwickelung des Herzens ganz von selbst unsere ursprünglich morphologische Aufgabe zugleich zu einer physiologischen erweitern. Dasselbe gilt von allen anderen Organen und ihren Leistungen.

So liefert uns z. B. die Entwickelungsgeschichte des Darmkanals, der Lunge, der Geschlechtsorgane durch die genaue vergleichende Erforschung der Formenentwickelung zugleich die wichtigsten Aufschlüsse über die Entwickelung der entsprechenden Functionen dieser Organe.

In der klarsten Weise tritt uns dieses bedeutungsvolle Verhältniss bei der Entwickelungsgeschichte des Nervensystems entgegen. Dieses Organsystem vermittelt in der Oekonomie des menschlichen Körpers die Functionen der Empfindung, die Functionen der Willensthätigkeit, und endlich die höchsten psychischen Functionen, diejenigen des Denkens; kurz alle die verschiedenen Leistungen, welche den besondern Gegenstand der Psychologie oder Seelenlehre bilden. Die neuere Anatomie und Physiologie hat uns überzeugt, dass diese Seelenfunctionen oder Geistesthätigkeiten unmittelbar von der feineren Structur des Centralnervensystems, von den inneren Formverhältnissen des Gehirns und des Rückenmarkes abhängig sind. Hier befindet sich die höchst verwickelte Zellenmaschinerie, deren physiologische Function das menschliche Seelenleben ist. Sie ist so verwickelt, dass diese Leistung selbst den meisten Menschen als übernatürlich, als nicht mechanisch erklärbar erscheint.

Nun liefert uns aber die individuelle Entwickelungsgeschichte über die allmähliche Entstehung und stufenweise Ausbildung dieses wichtigsten Organsystems die überraschendsten und bedeutungsvollsten Aufschlüsse. Denn die erste Anlage des Centralnervensystems beim menschlichen Embryo erfolgt in derselben einfachsten Form, welche bei Ascidien und anderen niederen Würmern zeitlebens bestehen bleibt. Daraus entwickelt sich dann zunächst ein ganz einfaches

Rückenmark ohne Gehirn, wie es bei dem niedersten Wirbelthiere, beim Amphioxus, zeitlebens das Seelenorgan darstellt. Erst später bildet sich aus dem vordersten Ende dieses Rückenmarks ein Gehirn hervor, und zwar ein Gehirn von einfachster Form, wie es bei niederen Fischen beständig ist. Schritt für Schritt entwickelt sich dieses einfache Gehirn dann weiter, durch Formen hindurch, welche denjenigen der Amphibien, der Schnabelthiere, der Beutelthiere und der Halbaffen entsprechen, bis zu derjenigen höchst organisirten Form, welche die Affen vor den übrigen Wirbelthieren auszeichnet, und welche schliesslich in der menschlichen Gehirnbildung ihre höchste Blüthe erreicht. Schritt für Schritt geht aber auch mit dieser fortschreitenden Entwickelung der Gehirn*form* die eigenthümliche *Function* desselben, die Seelenthätigkeit, Hand in Hand, und wir werden daher durch die Entwickelungsgeschichte des Centralnervensystems zum ersten Male in die Lage versetzt, auch *die natürliche Entstehung des menschlichen Seelenlebens*, die allmähliche historische Ausbildung der menschlichen Geistesthätigkeit zu begreifen. Nur mit Hülfe der Ontogenie vermögen wir zu erkennen, wie diese höchsten und glänzendsten Functionen des thierischen Organismus historisch sich entwickelt haben. Mit einem Worte: Die Entwickelungsgeschichte des Rückenmarks und Gehirns im menschlichen Embryo leitet uns unmittelbar zu der Erkenntniss der *Phylogenie des menschlichen Geistes*, jener allerhöchsten Lebensthätigkeit, die wir heute beim entwickelten Menschen als etwas so Wunderbares und Uebernatürliches zu betrachten gewohnt sind. Gewiss gehört gerade dieses Resultat der entwickelungsgeschichtlichen Forschung zu den grössten und bedeutendsten. Glücklicherweise ist unsere ontogenetische Erkenntniss des menschlichen Centralnervensystems so befriedigend und steht in solcher erfreulichen Uebereinstimmung mit den ergänzenden Resultaten der vergleichenden Anatomie und Physiologie, dass wir dadurch eine klare Einsicht in eines der höchsten philosophischen Probleme, in die *Phylogenie der Psyche* oder die Stammesgeschichte der menschlichen Geistesthätigkeit erlangen. Wir sind dadurch auf denjenigen Weg geführt, auf welchem allein wir dieses höchste Problem zu lösen im Stande sein werden.

Erste Tabelle.

Uebersicht über die Hauptzweige der Biogenie oder der organischen Entwickelungsgeschichte, mit Rücksicht auf die vier Hauptstufen der organischen Individualität (Zelle, Organ, Person und Stock[14]).

Hauptzweig	Zweig	Gliederung
I. Erster Hauptzweig der Biogenie oder der organischen Entwickelungsgeschichte: **Keimesgeschichte oder Ontogenie.** (Embryologische Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen.)	**1. Keimesgeschichte der Formen** (*Morphogenie*).	1. **Keimesgeschichte der Zellen** (und Cytoden) und der daraus zusammengesetzten Gewebe. *Histogenie*. 2. **Keimesgeschichte der Organe** und der daraus zusammengesetzten Systeme und Apparate. *Organogenie*. 3. **Keimesgeschichte der Personen** (sogen. »Entwickelungsgeschichte der Leibesform«). *Blastogenie*. 4. **Keimesgeschichte der Stöcke** (oder der aus Personen zusammengesetzten socialen Individualitäten: Familien, Gemeinden, Staaten etc.). *Cormogenie*.
	2. Keimesgeschichte der Functionen (*Physiogenie*).	Die **Keimesgeschichte der Functionen** oder die individuelle Entwickelungsgeschichte der Lebensthätigkeiten ist noch nicht genauer wissenschaftlich untersucht.
II. Zweiter Hauptzweig der Biogenie oder der organischen Entwickelungsgeschichte: **Stammesgeschichte oder Phylogenie.** (Paläontologische Entwickelungsgeschichte der organischen Arten.	**3. Stammesgeschichte der Formen** (*Morphophylie*).	1. **Stammesgeschichte der Zellen** (fast noch gar nicht bearbeitet). *Histophylie*. 2. **Stammesgeschichte der Organe** (ein unbewusstes Hauptobject der »vergleichenden Anatomie«). *Organophylie*. 3. **Stammesgeschichte der Personen** (ein unbewusstes Hauptobject der »natürlichen Systematik«). *Blastophylie*. 4. **Stammesgeschichte der Stöcke** (oder der aus Personen zusammengesetzten socialen Individualitäten: Familien, Gemeinden, Staaten etc.). *Cormophylie*.
	4. Stammesgeschichte der Functionen (*Physiophylie*).	Die **Stammesgeschichte der Functionen** oder die paläontologische Entwickelungsgeschichte der Lebensthätigkeiten ist bei den meisten Organismen noch nicht untersucht. Beim Menschen gehört dahin ein grosser Theil der Culturgeschichte.

Zweiter Vortrag.

Die ältere Keimesgeschichte.

Caspar Friedrich Wolff.

»Wer die Generation erklären will, der wird den organischen Körper und dessen Theile, woraus er besteht, zum Vorwurf nehmen und hierüber philosophiren müssen; er wird zeigen müssen, wie diese Theile entstanden sind, und wie sie in der Verbindung, in welcher sie mit einander stehen, entstanden sind. Wer aber eine Sache nicht aus der Erfahrung unmittelbar, sondern aus ihren Gründen und Ursachen erkennt, wer also durch diese, nicht durch die Erfahrung, gezwungen wird zu sagen: »»die Sache muss so und sie kann nicht anders sein, sie muss sich nothwendig so verhalten, sie muss diese Eigenschaften haben und andere kann sie nicht haben«« — der sieht die Sache nicht nur historisch, sondern wirklich philosophisch ein, und er hat eine philosophische Kenntniss von ihr. Eine solche philosophische Erkenntniss von einem organischen Körper, die von der bloss historischen sehr verschieden ist, wird unsere Theorie der Generation sein.«

Caspar Friedrich Wolff (1764).

Inhalt des zweiten Vortrages.

Entwickelungsgeschichte der Thiere von Aristoteles. Seine Kenntnisse in der Keimesgeschichte niederer Thiere. Stillstand der naturwissenschaftlichen Forschung im christlichen Mittelalter. Erstes Erwachen der Ontogenie im Beginne des siebzehnten Jahrhunderts. Fabricius ab Aquapendente. Harvey. Marcello Malpighi. Die Bedeutung des bebrüteten Hühnchens. Die Theorie der Praeformation und der Einschachtelung (Evolution und Praedelineation). Männliche und weibliche Einschachtelungstheorie. Entweder das Samenthierchen oder das Ei ist das vorgebildete Individuum. Animalculisten oder Spermagläubige (Leeuwenhoek, Hartsoeker, Spallanzani). Ovulisten oder Eigläubige (Haller, Leibniz, Bonnet). Sieg der Praeformationstheorie durch die Autorität von Haller und Leibniz. Caspar Friedrich Wolff. Seine Schicksale und Werke. Die Theoria generationis. Neubildung oder Epigenesis. Die Entwickelungsgeschichte des Darmcanals. Die Keime der Keimblätter-Theorie (vier Schichten oder Blätter). Die Metamorphose der Pflanzen. Die Keime der Zellentheorie. Wolff's monistische Philosophie.

II.

Meine Herren!

Beim Eintritt in jede Wissenschaft ist es in vielen Beziehungen vortheilhaft, zunächst einen Blick auf ihren Entwickelungsgang zu werfen. Der bekannte Grundsatz, dass »jedes Gewordene nur durch sein Werden erkannt werden kann«, findet auch auf die Wissenschaft selbst seine Anwendung. Indem wir die stufenweise Ausbildung und das allmähliche Wachsthum derselben verfolgen, werden wir uns über ihre Aufgaben und Ziele am klarsten verständigen. Zugleich werden wir einsehen, dass der heutige Zustand der Entwickelungsgeschichte des Menschen mit seinen vielen Eigenthümlichkeiten nur dann richtig verstanden werden kann, wenn wir den historischen Entwickelungsgang unserer Wissenschaft in Betracht ziehen. Diese Betrachtung wird uns nicht lange aufhalten. Denn die Entwickelungsgeschichte des Menschen gehört zu den allerjüngsten Naturwissenschaften, und zwar gilt das von beiden Theilen derselben, sowohl von der Keimesgeschichte oder Ontogenie, als auch von der Stammesgeschichte oder Phylogenie.

Wenn wir von den gleich zu besprechenden ältesten Keimen der Wissenschaft im klassischen Alterthum absehen, so beginnt eigentlich die wahre Entwickelungsgeschichte des Menschen als Wissenschaft erst mit dem Jahre 1759, in welchem einer der grössten deutschen Naturforscher, CASPAR FRIEDRICH WOLFF, seine »Theoria generationis« veröffentlichte. Das war der erste Grundstein zu einer wahren Keimesgeschichte der Thiere. Erst fünfzig Jahre später, 1809, publicirte JEAN LAMARCK seine »Philosophie zoologique«, den ersten Versuch einer Stammesgeschichte: und abermals ein halbes Jahrhundert später, im Jahre 1859, erschien DARWIN's Werk, welches wir als die erste wissenschaftliche Begründung dieses Versuchs betrachten müssen. Ehe wir jedoch auf diese eigentliche Begründung der menschlichen Entwickelungsgeschichte näher eingehen, wollen wir einen flüchtigen Blick auf jenen grossen Philosophen und Naturforscher des Alterthums werfen, der in diesem Gebiete wie in allen anderen Zwei-

gen naturwissenschaftlicher Forschung während eines Zeitraumes von mehr als zweitausend Jahren einzig dasteht, auf den »Vater der Naturgeschichte«: ARISTOTELES.

Unter den hinterlassenen naturwissenschaftlichen Schriften des ARISTOTELES, welche sich mit verschiedenen Seiten biologischer Forschung beschäftigen, und unter denen namentlich die Geschichte der Thiere von grösster Bedeutung ist, findet sich auch ein kleineres Werk, welches speciell der Entwickelungsgeschichte gewidmet ist: »Ueber Zeugung und Entwickelung der Thiere« (»Peri Zoon Geneseos«)[15]. Dieses Werk ist schon deshalb von hohem Interesse, weil es das älteste und das einzige seiner Art ist, welches uns aus dem klassischen Alterthum einigermaassen vollständig überliefert wurde, und weil es gleich den anderen naturwissenschaftlichen Schriften des ARISTOTELES die ganze Wissenschaft zwei Jahrtausende hindurch beherrscht hat. Unser Philosoph war ein eben so scharfsinniger Beobachter, als genialer Denker. Aber während seine philosophische Bedeutung niemals zweifelhaft war, sind seine Verdienste als beobachtender Naturforscher erst neuerdings gehörig gewürdigt worden. Die Naturforscher, die um die Mitte unseres Jahrhunderts seine naturwissenschaftlichen Schriften einer genauen Untersuchung unterzogen, wurden durch die Fülle von interessanten Mittheilungen und merkwürdigen Beobachtungen überrascht, welche darin angehäuft sind. Bezüglich der Entwickelungsgeschichte ist hier besonders hervorzuheben, dass ARISTOTELES dieselbe bei Thieren der verschiedensten Klassen verfolgte, und dass er namentlich im Gebiete der niederen Thiere bereits mehrere der merkwürdigsten Thatsachen kannte, mit denen wir erst in den vierziger und fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts auf's Neue bekannt geworden sind. So steht es z. B. fest, dass er mit der ganz eigenthümlichen Fortpflanzungs- und Entwickelungsweise der Tintenfische oder Cephalopoden vertraut war, bei welchen ein Dottersack aus dem Munde des Embryo heraushängt. Er wusste ferner, dass aus den Eiern der Bienen, auch wenn dieselben nicht befruchtet werden, sich Embryonen entwickeln. Die sogenannte »Parthenogenesis« oder die jungfräuliche Zeugung der Bienen ist erst in unseren Tagen durch den verdienstvollen Münchener Zoologen SIEBOLD bestätigt worden: derselbe zeigte, dass sich männliche Bienen aus unbefruchteten Eiern, weibliche hingegen nur aus befruchteten Eiern entwickeln[16]. ARISTOTELES erzählt ferner, dass einzelne Fische aus der Gattung *Serranus* Zwitter seien, indem jedes Individuum männliche und weibliche Organe besitze und sich selbst befruchte.

Auch das ist erst neuerdings bestätigt worden. Ebenso war ihm bekannt, dass der Embryo mancher Haifische durch eine Art Mutterkuchen oder Placenta, ein ernährendes blutreiches Organ, mit dem Mutterleibe verbunden ist, wie dies sonst nur bei den höheren Säugethieren und beim Menschen der Fall ist. Diese Placenta des Haifisches galt lange Zeit als Fabel, bis der Berliner Zoologe JOHANNES MÜLLER im Jahre 1839 die Thatsache als richtig erwies. So liessen sich aus der Entwickelungsgeschichte des ARISTOTELES noch eine Menge von merkwürdigen Beobachtungen anführen, die beweisen, wie genau dieser grosse Naturforscher mit ontogenetischen Untersuchungen vertraut und wie weit er in dieser Beziehung der folgenden Zeit vorausgeeilt war.

Bei den meisten Beobachtungen begnügte er sich nicht mit der Mittheilung des Thatsächlichen, sondern knüpfte daran Betrachtungen über dessen Bedeutung. Einige von diesen theoretischen Reflexionen sind deshalb von besonderem Interesse, weil sich darin eine richtige Grundanschauung vom Wesen der Entwickelungsvorgänge erkennen lässt. Er fasst die Entwickelung des Individuums als eine Neubildung auf, bei welcher die verschiedenen Körpertheile nach einander entstehen. Wenn das menschliche oder thierische Individuum sich im mütterlichen Körper oder im Ei ausserhalb desselben entwickelt, so soll zuerst das Herz entstehen, welches er als Anfangs- und Mittelpunkt des Körpers betrachtet. Nach der Bildung des Herzens treten dann die anderen Organe auf, die inneren früher als die äusseren, die oberen (welche über dem Zwerchfell liegen) früher als die unteren (welche unter demselben sich finden). Sehr frühzeitig bildet sich das Gehirn, aus welchem dann die Augen hervorwachsen. Diese Behauptungen sind in der That ganz zutreffend. Suchen wir uns überhaupt aus diesen Angaben des ARISTOTELES ein Bild von seiner Auffassung der Entwickelungsvorgänge zu machen, so können wir wohl darin eine dunkle Ahnung derjenigen Entwickelungstheorie finden, welche wir heute die Epigenesis nennen und welche erst einige tausend Jahre später durch WOLFF thatsächlich als die allein richtige nachgewiesen wurde. Dafür ist namentlich der Umstand sehr bezeichnend, dass ARISTOTELES die Ewigkeit des Individuums in jeder Beziehung leugnete. Er behauptete, ewig könne vielleicht die Art oder die Gattung sein, die aus den gleichartigen Individuen gebildet werde: allein das Individuum selbst sei vergänglich: es entstehe neu während des Zeugungsactes, und gehe beim Tode zu Grunde.

Während der zwei Jahrtausende, die auf ARISTOTELES folgen, ist von keinem irgend wesentlichen Fortschritt in der Zoologie über-

haupt, und in der Entwickelungsgeschichte im Besonderen, zu berichten. Man begnügte sich damit, seine zoologischen Schriften auszulegen, abzuschreiben, vielfach durch Zusätze zu verunstalten und sie in andere Sprachen zu übersetzen. Selbstständige Forschungen wurden während dieses langen Zeitraumes fast gar nicht angestellt. Namentlich war während des christlichen Mittelalters, wo mit der Ausbildung und Ausbreitung einflussreicher Glaubensvorstellungen überhaupt den selbstständigen naturwissenschaftlichen Forschungen unüberwindliche Hindernisse in den Weg gelegt wurden, von einer neuen Aufnahme der biologischen Forschungen gar keine Rede. Selbst als im sechzehnten Jahrhundert die menschliche Anatomie wieder zu erwachen begann und zum ersten Male wieder selbstständige Untersuchungen über den Körperbau des ausgebildeten Menschen angestellt wurden, wagten doch die Anatomen nicht, ihre Forschungen auch noch weiter auf die Beschaffenheit des noch nicht ausgebildeten menschlichen Körpers, auf die Bildung und Entwickelung des Embryo auszudehnen. Die damals herrschende Scheu vor derartigen Forschungen hatte vielerlei Ursachen. Sie erscheint natürlich, wenn man bedenkt, dass durch die Bulle des Papstes Bonifacius VIII. der grosse Kirchenbann über Alle ausgesprochen war, die eine menschliche Leiche zu zergliedern wagten. Wenn nun schon die anatomische Untersuchung des entwickelten menschlichen Körpers für ein fluchwürdiges Verbrechen galt: um wieviel sträflicher und gottloser musste die Untersuchung des im Mutterleibe verborgenen kindlichen Körpers erscheinen, den der Schöpfer selbst durch seine verborgene Lage dem neugierigen Blicke der Naturforscher absichtlich entzogen zu haben schien! Die Allmacht der christlichen Kirche, die damals viele Tausende wegen Mangels an Rechtgläubigkeit martern, hinrichten und verbrennen liess, und die damals schon mit richtigem Instincte die drohende Gefahr ihrer emporwachsenden Todfeindin, der Naturwissenschaft, ahnte, wusste dafür zu sorgen, dass letztere keine zu raschen Fortschritte machte.

Erst als durch die Reformation die allumfassende Macht der alleinseligmachenden Kirche gebrochen war und ein neuer frischer Geisteshauch die geknechtete Wissenschaft aus den eisernen Fesseln der Glaubenshaft zu erlösen begann, konnte mit der Wiederaufnahme anderer naturwissenschaftlicher Forschungen auch die Anatomie und Entwickelungsgeschichte des Menschen sich wieder freier bewegen. Doch blieb die Ontogenie hinter der Anatomie weit zurück, und erst im Beginne des siebzehnten Jahrhunderts erschienen die ersten onto-

genetischen Schriften. Den Anfang machte der italiänische Anatom FABRICIUS AB AQUAPENDENTE, Professor in Padua, der in zwei Schriften (*de formato foetu* 1600, und *de formatione foetus* 1604) die ältesten Abbildungen und Beschreibungen von Embryonen des Menschen und anderer Säugethiere, sowie des Hühnchens veröffentlichte. Aehnliche unvollkommene Darstellungen gaben demnächst SPIGELIUS (*de formato foetu* 1631), der Engländer NEEDHAM (1667) und sein berühmter Landsmann HARVEY (1652), derselbe, der den Blutkreislauf im Thierkörper entdeckte und den wichtigen Ausspruch that: »*Omne vivum ex ovo*« (Alles Lebendige entsteht aus einem Ei). Der holländische Naturforscher SWAMMERDAM veröffentlichte in seiner »Bibel der Natur« die ersten Beobachtungen über die Embryologie des Frosches und die sogenannte »Furchung« seines Eidotters. Die bedeutendsten ontogenetischen Untersuchungen aus dem siebzehnten Jahrhundert waren aber diejenigen des berühmten Italiäners MARCELLO MALPIGHI aus Bologna, der ebenso in der Zoologie wie in der Botanik bahnbrechend auftrat. Seine beiden Abhandlungen »*de formatione pulli*« und »*de ovo incubato*« (1687) enthalten die erste zusammenhängende Darstellung der Entwickelung des Hühnchens im bebrüteten Ei.

Hier muss ich gleich Einiges über die grosse Bedeutung bemerken, welche gerade das Hühnchen für unsere Wissenschaft besitzt. Die Bildungsgeschichte des Hühnchens, wie überhaupt aller Vögel, stimmt in ihren wesentlichen Grundzügen vollständig mit derjenigen aller anderen höheren Wirbelthiere, also auch des Menschen überein. Die drei höheren Wirbelthierklassen: Säugethiere, Vögel und Reptilien (Eidechsen, Schlangen, Schildkröten u. s. w.) zeigen vom Anfang ihrer individuellen Entwickelung an in allen wesentlichen Grundzügen der Körperbildung, und insbesondere ihrer ersten Anlage, eine so überraschende Aehnlichkeit, dass man sie lange Zeit hindurch gar nicht unterscheiden kann (Vergl. Taf. VI und VII). Schon längst wissen wir, dass wir bloss die Entwickelung eines Vogelkeimes, als des am leichtesten zugänglichen Embryo, zu verfolgen brauchen, um uns über die wesentlich gleiche Entwickelungsweise der Säugethiere (also auch des Menschen) zu unterrichten. Schon als man um die Mitte und das Ende des siebzehnten Jahrhunderts menschliche Embryonen und überhaupt Säugethierembryonen aus früheren Stadien zu untersuchen begann, erkannte man sehr bald diese höchst wichtige Thatsache. Dieselbe ist sowohl in theoretischer wie in practischer Beziehung von der grössten Bedeutung. Für die Theorie der Entwickelung lassen sich aus dieser gleichartigen Beschaffenheit der Embryonen von



sehr verschiedenen Thieren die wichtigsten Schlüsse ziehen. Für die Praxis der ontogenetischen Untersuchung aber ist dieselbe deshalb unschätzbar, weil die sehr genau bekannte Ontogenie der Vögel die nur sehr lückenhaft untersuchte Embryologie der Säugethiere auf das vollständigste ergänzt und erläutert. Hühnereier kann man jederzeit in beliebiger Menge haben und durch ihre künstliche Bebrütung die Entwickelung des Embryo Schritt für Schritt verfolgen. Hingegen ist die Entwickelungsgeschichte der Säugethiere viel schwieriger zu untersuchen, weil hier der Embryo nicht in einem grossen gelegten Ei, in einem selbstständigen isolirten Körper, sich entwickelt, sondern vielmehr das kleine Ei im mütterlichen Körper eingeschlossen und bis zur Reife verborgen bleibt. Daher ist es sehr schwer, alle die einzelnen Stadien der Entwickelung behufs einer zusammenhängenden Untersuchung sich in grösserer Menge zu verschaffen, abgesehen von äusseren Gründen, wie den bedeutenden Kosten, den technischen Schwierigkeiten und mannigfaltigen anderen Hindernissen, auf welche grössere Untersuchungsreihen an befruchteten Säugethieren stossen. Deshalb ist seit jener Zeit bis auf den heutigen Tag das bebrütete Hühnchen dasjenige Object geblieben, welches bei weitem am häufigsten und genauesten untersucht wird. Besonders mit Hülfe der vervollkommneten Brütmaschinen kann man sich überall und zu jeder Zeit Hühnerembryonen in jedem beliebigen Stadium der Entwickelung und in beliebiger Anzahl verschaffen und so Schritt für Schritt ihre Ausbildung im Zusammenhang untersuchen.

Die Entwickelungsgeschichte des bebrüteten Hühnchens wurde nun schon gegen Ende des siebzehnten Jahrhunderts durch Malpighi so weit gefördert, und in den wesentlichsten gröberen und äusseren Verhältnissen erkannt, als es durch die unvollkommene Untersuchung mit den damaligen Mikroskopen überhaupt möglich war. Natürlich war die Vervollkommnung des Mikroskopes und der technischen Untersuchungs-Methoden eine nothwendige Vorbedingung für genauere embryologische Untersuchungen. Denn die Wirbelthierembryonen sind in ihren ersten Entwickelungsstadien so klein und zart, dass man ohne ein gutes Mikroskop und ohne Anwendung besonderer technischer Hülfsmittel überhaupt nicht tiefer in ihre Erkenntniss einzudringen im Stande ist. Die Anwendung dieser Hülfsmittel und die wesentliche Verbesserung der Mikroskope erfolgte aber erst im Anfange unseres Jahrhunderts.

In der ganzen ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts, in welcher die systematische Naturgeschichte der Thiere und Pflanzen

durch LINNÉ's hochberühmtes *»Systema naturae«* einen so gewaltigen Aufschwung nahm, machte die Entwickelungsgeschichte so gut wie gar keine Fortschritte. Erst im Jahre 1759 trat in CASPAR FRIEDRICH WOLFF der Genius auf, der dieser Wissenschaft eine ganz neue Wendung geben sollte. Bis auf diesen Zeitpunkt beschäftigte sich die damalige Embryologie fast ausschliesslich mit unglücklichen Versuchen, aus dem bis dahin erworbenen dürftigen Beobachtungsmaterial verschiedene Entwickelungstheorien aufzubauen.

Die Theorie, welche damals zur Geltung kam und während des ganzen vorigen Jahrhunderts fast allgemeiner Anerkennung sich erfreute, heisst gewöhnlich die Theorie der Auswickelung oder Evolution, noch besser die Theorie der Vorbildung oder Praeformation[17]. Ihr wesentlicher Inhalt besteht in folgender Vorstellung: Bei der individuellen Entwickelung jedes Organismus, jedes Thieres und jeder Pflanze, und ebenso auch des Menschen, findet keinerlei wirkliche Neubildung statt: sondern bloss ein Wachsthum und eine Entfaltung von Theilen, die alle bereits seit Ewigkeit vorgebildet und fertig dagewesen sind, wenn auch nur sehr klein und in ganz zusammengefaltetem Zustande. Jeder organische Keim enthält also bereits alle Körpertheile und Organe in ihrer späteren Form und Lagerung und Verbindung praeformirt oder vorgebildet, und der ganze Entwickelungsgang des Individuums, der ganze ontogenetische Process ist nichts weiter als eine »Evolution« im strengsten Sinne des Wortes, d. h. eine Auswickelung eingewickelter praeformirter Theile. Also z. B. in jedem Hühnerei finden wir nicht etwa eine einfache Zelle, die sich theilt, deren Zellen-Generationen die Keimblätter bilden und durch vielfache Veränderung, Sonderung und Neubildung endlich den Vogelkörper zu Stande bringen: sondern in jedem Hühnerei ist von Anfang an ein vollständiges Hühnchen mit allen seinen Theilen praeformirt und zusammengewickelt enthalten. Bei der Entwickelung des bebrüteten Hühnereies werden diese Theile bloss aus einander gelegt und wachsen.

Sobald diese Theorie consequent weiter ausgebildet wurde, musste sie nothwendig zur »Einschachtelungslehre« führen. Danach soll von jeder Thierart und Pflanzenart ursprünglich nur ein Paar oder ein Individuum geschaffen worden sein; dieses eine Individuum enthielt aber bereits die Keime von sämmtlichen andern Individuen in sich eingeschachtelt, die von dieser Art jemals gelebt haben und später noch leben werden. Da zu jener Zeit das Alter der Erde, entsprechend der biblischen Schöpfungsgeschichte, allgemein auf fünf-

bis sechstausend Jahre geschätzt wurde, glaubte man ungefähr berechnen zu können, wie viel Keime von jeder Organismenart während dieses Zeitraums gelebt und also bereits in dem ersten »geschaffenen« Individuum der Species eingeschachtelt existirt hatten. Auch auf den Menschen wurde diese Theorie mit logischer Consequenz ausgedehnt und demgemäss behauptet, dass unsere gemeinsame Stammmutter Eva in ihrem Eierstock bereits die Keime von sämmtlichen Menschenkindern in einander geschachtelt enthalten habe.

Zunächst bildete sich diese Einschachtelungstheorie in der Weise aus, dass man, wie gesagt, die weiblichen Individuen als die in einander geschachtelten Schöpfungswesen ansah. Man glaubte, von jeder Species sei ursprünglich nur ein Pärchen geschaffen worden: das weibliche Individuum habe aber bereits in seinem Eierstock die sämmtlichen Keime aller Individuen beiderlei Geschlechts in sich eingeschachtelt enthalten, die überhaupt von dieser Art sich entwickeln sollten. Ganz anders gestaltete sich aber die Praeformations-Theorie, als der holländische Mikroskopiker LEEUWENHOEK im Jahre 1690 die menschlichen Zoospermien oder Samenfäden entdeckte, und nachwies, dass in der schleimigen Flüssigkeit des Sperma oder des männlichen Samens eine grosse Masse von äusserst feinen, lebhaft beweglichen Fäden existiren (Vergl. Fig. 17 im VII. Vortrag). Diese überraschende Entdeckung wurde sofort dahin gedeutet, dass die lebendigen, munter in der Samenflüssigkeit umherschwimmenden Körperchen wahre Thiere, und zwar die vorgebildeten Keime der künftigen Generation seien. Wenn bei der Befruchtung die beiderlei Zeugungsstoffe, männliche und weibliche, zusammenkommen, sollten diese fadenförmigen »Samenthierchen« in den fruchtbaren Boden des Eikörpers eindringen und hier, wie das Samenkorn der Pflanze im fruchtbaren Erdboden, zur Auswickelung gelangen. Jedes einzelne Samenthierchen des Menschen wäre demnach bereits ein ganzer Mensch: alle einzelnen Körpertheile sind in demselben bereits vollständig vorgebildet, und erleiden nur eine einfache Auswickelung und Vergrösserung, sobald sie in den dafür günstigen Boden des weiblichen Eies gelangen. Auch diese Theorie wurde consequent dahin ausgebildet, dass in jedem einzelnen fadenförmigen Körper die sämmtlichen folgenden Generationen seiner Nachkommen in äusserster Feinheit und winzigster Grösse sich eingeschachtelt befänden. Die Samendrüse oder der Hoden des Adam enthielt also bereits die Keime aller Menschenkinder, die unseren Erd-Planeten jemals bevölkert haben, gegenwärtig bewohnen und in aller Zukunft, »bis zum Ende der Welt«, beleben werden.

Natürlich musste diese »männliche Einschachtelungslehre« sich der bisher gültigen weiblichen von Anfang an schroff gegenüberstellen. Das Gemeinsame beider bestand nur in der falschen Vorstellung, dass überhaupt vielfach in einander geschachtelte Keime von zahllosen Generationen fertig vorgebildet in jedem Organismus existirten; eine Vorstellung, die eigentlich auch der wunderlichen Prolepsis-Theorie von LINNÉ zu Grunde lag. Die beiden entgegengesetzten Einschachtelungs-Theorien begannen alsbald sich lebhaft zu befehden: und es entstanden in der Physiologie des achtzehnten Jahrhunderts zwei grosse, scharf getrennte Heerlager, die sich auf das schroffste gegenüberstanden und heftig bekämpften: die Animalculisten und die Ovulisten. Der Streit zwischen diesen Parteien muss uns heutzutage sehr belustigend erscheinen, da die Theorie der einen eben so vollständig in der Luft schwebt, wie die der anderen. Wie ALFRED KIRCHHOFF in seiner vortrefflichen biographischen Skizze von WOLFF sagt, »liess sich dieser Streit eben so wenig entscheiden, wie die Frage, ob die Engel in dem östlichen oder westlichen Himmelsraume wohnen«[18].

Die Animalculisten oder die Sperma-Gläubigen hielten die beweglichen Samenfäden für die wahren Thierkeime und stützten sich dabei einerseits auf die lebhafte Bewegung, anderseits auf die Form dieser Samenthierchen. Diese zeigen nämlich beim Menschen, wie bei der grossen Mehrzahl der übrigen Thiere, einen länglichrunden, eiförmigen oder birnförmigen Kopf, ein dünnes Mittelstück und einen äusserst dünnen, haarfein ausgezogenen und sehr langen Schwanz (Fig. 17). In Wahrheit ist das ganze Gebilde nur eine einfache Zelle und zwar eine Geisselzelle; der Kopf ist der Zellenkern, umgeben von etwas Zellstoff, der sich auch in das dünnere Mittelstück und den haarfeinen beweglichen Schwanz fortsetzt: letzterer ist der »Geissel« oder dem Flimmerfaden anderer Geisselzellen gleichbedeutend. Die Animalculisten aber hielten den Kopf für einen wahren Thierkopf und den übrigen Körper für einen ausgebildeten Thierkörper. Vorzüglich waren es LEEUWENHOEK, HARTSOEKER und SPALLANZANI, welche diese »Praedelineations-Theorie« vertheidigten.

Die entgegengesetzte Partei, die Ovulisten (Ovisten) oder Eigläubigen, die an der älteren Evolutions-Theorie festhielten, behaupteten dagegen, dass das Ei der wahre Thierkeim sei, und dass die Zoospermien bei der Befruchtung nur den Anstoss zur Auswickelung des Eies gäben, in welchem alle Generationen in einander eingeschachtelt zu finden wären. Diese Ansicht blieb während des ganzen vorigen Jahrhunderts bei der grossen Mehrzahl der Biologen in unbe-

strittener Geltung, trotzdem WOLFF schon 1759 das völlig Unbegründete derselben nachwies. Vorzüglich verdankte sie ihre Geltung dem Umstande, dass die berühmtesten Autoritäten der damaligen Biologie und Philosophie sich zu ihren Gunsten erklärten, unter ihnen namentlich HALLER, BONNET und LEIBNIZ.

ALBRECHT HALLER, Professor in Göttingen, der oft der Vater der Physiologie genannt wird, war ein sehr gelehrter und vielseitig gebildeter Mann, der aber in Bezug auf tiefere Auffassung der Naturerscheinungen keineswegs eine sehr hohe Stufe einnahm und sich am besten selbst in dem berühmten und viel citirten Ausspruche charakterisirt hat: »Ins Innere der Natur dringt kein erschaffener Geist — glückselig, wem sie nur die äussere Schale weist!« Die beste Antwort auf diese »schale« Naturbetrachtung hat GOETHE in dem herrlichen Gedicht gegeben, das mit den Worten schliesst:

> »Natur hat weder Kern noch Schale,
> Alles ist sie mit einem Male!
> Dich prüfe Du nur allermeist,
> Ob Du Kern oder Schale seist!«

Doch hat es trotzdem auch neuerdings nicht an Versuchen gefehlt, HALLER's »schalen« Standpunkt zu vertheidigen: insbesondere hat WILHELM HIS denselben bewundernd in Schutz genommen.

HALLER vertrat die Evolutions-Theorie in seinem berühmten Hauptwerke, den »*Elementa Physiologiae*« auf das entschiedenste mit den Worten: »Es giebt kein Werden! (*Nulla est epigenesis!*). Kein Theil im Thierkörper ist vor dem anderen gemacht worden, und alle sind zugleich erschaffen (*Nulla in corpore animali pars ante aliam facta est, et omnes simul creatae existunt*).« Er leugnete also eigentlich jede wahre Entwickelung in natürlichem Sinne, und ging darin sogar so weit, dass er selbst beim neugeborenen Knaben die Existenz des Bartes, beim geweihlosen Hirschkalbe die Existenz des Geweihes behauptete: alle Theile sollten schon fertig da sein und nur dem menschlichen Auge vorläufig verborgen sein. HALLER berechnete sogar die Zahl der Menschen, welche Gott am sechsten Tage seines Schöpfungswerkes auf einmal geschaffen und im Eierstock der Mutter Eva eingeschachtelt hatte. Er taxirt sie auf 200,000 Millionen, indem er die Zeit seit Erschaffung der Welt auf 6000 Jahre, das durchschnittliche Menschenalter auf 30 Jahre und die Zahl der gleichzeitig lebenden Menschen auf 1000 Millionen anschlägt. Und allen diesen blühenden Unsinn nebst den daraus gezogenen Consequenzen vertheidigt der berühmte HALLER auch dann noch mit bestem Erfolge, nachdem

bereits der tiefblickende WOLFF die wahre Epigenesis entdeckt und durch Beobachtung bewiesen hatte!

Unter den Philosophen war es vor Allen der hochberühmte LEIBNIZ, der die Evolutions-Theorie annahm und durch seine grosse Autorität, wie durch seine geistreiche Darstellung, ihr zahlreiche Anhänger zuführte. Gestützt auf seine Monadenlehre, wonach Seele und Leib sich in ewig unzertrennlicher Gemeinschaft befinden und in ihrer Zweieinigkeit das Individuum (die »Monade«) bilden, wendete LEIBNIZ die Einschachtelungs-Theorie ganz folgerichtig auch auf die Seele an, und leugnete für diese eine wahre Entwickelung eben so wie für den Körper. In seiner Theodicee sagt er z. B.: »So sollte ich meinen, dass die Seelen, welche eines Tages menschliche Seelen sein werden, im Samen, wie jene von anderen Species, dagewesen sind, dass sie in den Voreltern bis auf Adam, also seit dem Anfang der Dinge, immer in der Form organisirter Körper existirt haben.«

Die wichtigsten thatsächlichen Stützen schien die Einschachtelungs-Theorie durch die Beobachtungen eines ihrer eifrigsten Anhänger, BONNET zu erhalten. Dieser beobachtete zum ersten Male die sogenannte »Jungfernzeugung« oder Parthenogenesis bei den Blattläusen, eine interessante Art der Fortpflanzung, die neuerdings auch bei vielen anderen Gliederthieren, namentlich verschiedenen Krebsen und Insecten durch SIEBOLD und Andere nachgewiesen worden ist[16]. Bei diesen und anderen niederen Thieren gewisser Gattungen kommt es nämlich vor, dass weibliche Individuen sich mehrere Generationen hindurch fortpflanzen, ohne von einem Männchen befruchtet worden zu sein. Man nennt solche Eier, die zu ihrer Entwickelung der Befruchtung nicht bedürfen, »falsche Eier«, Pseudova oder Sporen. BONNET beobachtete nun zum ersten Male (1745), dass eine weibliche Blattlaus, welche er in klösterlicher Zucht vollständig abgeschlossen und vor jeder männlichen Gemeinschaft geschützt hatte, nach viermaliger Häutung am elften Tage eine lebendige Tochter, innerhalb der nächsten zwanzig Tage sogar noch 94 Töchter gebar, und dass diese alle, ohne jemals mit einem Männchen zusammen zu kommen, sich alsbald wieder auf dieselbe jungfräuliche Weise vermehrten. Da schien nun allerdings der handgreifliche Beweis für die Wahrheit der Einschachtelungs-Theorie, und zwar im Sinne der Ovulisten, vollständig geliefert zu sein; und es war nicht wunderbar, wenn dieselbe fast allgemein anerkannt wurde.

So stand die Sache, als plötzlich im Jahre 1759 der jugendliche CASPAR FRIEDRICH WOLFF auftrat und mit seiner neuen Epigenesis-

Theorie der gesammten Präformations-Theorie den Todesstoss gab. WOLFF war 1733 zu Berlin geboren, der Sohn eines Schneiders, und machte seine naturwissenschaftlichen und medicinischen Studien zunächst in Berlin am Collegium medico-chirurgicum unter dem berühmten Anatomen MECKEL, später in Halle. Hier bestand er im 26. Lebensjahre seine Doctorprüfung, und vertheidigte am 28. November 1759 in seiner Doctordissertation die neue Lehre von der wahren Entwickelung, die »Theoria generationis« auf Grund der Epigenesis. Diese Dissertation gehört trotz ihres geringen Umfanges und ihrer schwerfälligen Sprache zu den werthvollsten Schriften im ganzen Gebiete der biologischen Literatur. Sie ist ebenso ausgezeichnet durch die Fülle der neuen und sorgfältigen Beobachtungen, wie durch die weit reichenden und höchst fruchtbaren Ideen, welche überall an die Beobachtungen geknüpft und zu einer lichtvollen und durchaus naturwahren Theorie der Entwickelung verknüpft sind. Trotzdem hatte diese merkwürdige Schrift zunächst gar keinen Erfolg. Obgleich die naturwissenschaftlichen Studien in Folge der von LINNÉ gegebenen Anregung zu jener Zeit mächtig emporblühten, obgleich Botaniker und Zoologen bald nicht mehr nach Dutzenden, sondern nach Hunderten zählten, bekümmerte sich doch fast Niemand um WOLFF'S Theorie der Generation. Die Wenigen aber, die sie gelesen hatten, hielten sie für grundfalsch, so besonders HALLER. Obgleich WOLFF durch die exactesten Beobachtungen die Wahrheit der Epigenesis bewies und die in der Luft schwebenden Hypothesen der Praeformations-Theorie widerlegte, blieb dennoch der »exacte« Physiolog HALLER der eifrigste Anhänger der letzteren und verwarf die richtige Lehre von WOLFF mit seinem dictatorischen Machtspruche: *Nulla est epigenesis*! Kein Wunder, wenn die ganze Gesellschaft der physiologischen Gelehrten in der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts sich dem Machtspruche dieses physiologischen Papstes unterwarf und die Epigenesis als gefährliche Neuerung bekämpfte. Mehr als ein halbes Jahrhundert musste vergehen, bis WOLFF'S Arbeiten die verdiente Anerkennung fanden. Erst nachdem MECKEL im Jahre 1812 eine andere höchst wichtige Schrift WOLFF'S: »über die Bildung des Darmcanals« (aus dem Jahre 1768) in's Deutsche übersetzt und auf die ausserordentliche Bedeutung derselben aufmerksam gemacht hatte, fing man an, sich wieder mit diesem bereits verschollenen Schriftsteller zu beschäftigen, der unter allen Naturforschern des vorigen Jahrhunderts am tiefsten in das Verständniss des lebendigen Organismus eingedrungen war.

So unterlag denn damals, wie es so oft in der Geschichte der menschlichen Erkenntniss zu geschehen pflegt, die emporstrebende neue Wahrheit dem übermächtigen Irrthum, der durch die Macht der Autorität getragen wurde. Die sonnenklare Erkenntniss der Epigenesis vermochte den dichten Nebel des Praeformationsdogma nicht zu durchdringen und ihr genialer Entdecker wurde im Kampf um die Wahrheit von der Uebermacht der Feinde besiegt. Jeder weitere Fortschritt in der Entwickelungsgeschichte war damit vorläufig gehemmt. Das bleibt um so mehr zu bedauern, als WOLFF bei seiner ungünstigen äusseren Stellung dadurch schliesslich gezwungen wurde, sein deutsches Vaterland zu verlassen. Von vornherein mittellos, hatte er nur unter grossen äusseren Bedrängnissen seine klassische Arbeit vollenden können und war dann genöthigt, sich als praktischer Arzt sein Brod zu verdienen. Während des siebenjährigen Krieges war er in den Lazarethen in Schlesien thätig, hielt in dem Breslauer Feldlazareth ausgezeichnete Vorlesungen über Anatomie, und erregte dadurch die Aufmerksamkeit des hochgestellten Directors des Lazarethwesens, COTHENIUS. Nach abgeschlossenem Frieden versuchte dieser hohe Gönner, WOLFF in Berlin eine Lehrstelle zu verschaffen. Indessen scheiterte dies an der Engherzigkeit der Professoren des Berliner Collegium medico-chirurgicum, welche jedem Fortschritt auf wissenschaftlichem Gebiet abgeneigt waren. Die Theorie der Epigenesis wurde von diesem hochgelehrten Collegium als die gefährlichste Ketzerei verfolgt (ähnlich wie gegenwärtig die Descendenz-Theorie). Obgleich COTHENIUS und andere Berliner Gönner sich warm für WOLFF verwendeten, so war es doch nicht möglich, ihm auch nur die Erlaubniss zu verschaffen, öffentliche Vorlesungen über Physiologie in Berlin zu halten. Die Folge davon war, dass WOLFF sich gezwungen sah, einem ehrenvollen Rufe zu folgen, welchen die Kaiserin Katharina von Russland 1766 an ihn richtete. Er ging nach Petersburg, wo er 27 Jahre hindurch still und ungestört seinen tiefen Forschungen lebte und die Schriften der Petersburger Akademie mit seinen glänzenden Gaben bereicherte. Er starb daselbst 1794 [19].

Der Fortschritt, den WOLFF in der gesammten Biologie herbeiführte, war so gross, dass ihn die Naturforscher der damaligen Zeit nicht fassen konnten. Die Masse von neuen wichtigen Beobachtungen und von fruchtbaren grossen Ideen, welche in seinen Schriften angehäuft sind, ist so gewaltig, dass wir erst allmählich im Laufe unseres Jahrhunderts gelernt haben, ihren vollen Werth zu würdigen und ihre Bedeutung richtig zu verstehen. Nach den verschiedensten Rich-

tungen hin hat WOLFF der biologischen Erkenntniss die richtige Bahn gebrochen. Erstens und vor Allem hat er durch die Theorie der Epigenesis überhaupt zum ersten Male das Verständniss vom wahren Wesen der organischen Entwickelung geöffnet. Er wies überzeugend nach, dass die Entwickelung jedes Organismus aus einer Kette von Neubildungen besteht, und dass weder im Ei noch im männlichen Samen eine Spur von der Form des ausgebildeten Organismus existirt. Vielmehr sind dies einfache Körper, welche eine ganz andere Bedeutung haben. Der Keim oder Embryo, welcher sich daraus entwickelt, zeigt in den verschiedenen Abschnitten seiner Entwickelung eine innere Zusammensetzung und äussere Configuration, welche völlig von derjenigen des ausgebildeten Organismus verschieden ist. Nirgends haben wir es da mit vorgebildeten oder praeformirten Theilen zu thun, nirgends mit Einschachtelung. Wir können heutzutage diese Theorie der Epigenesis kaum mehr Theorie nennen, weil wir uns von der Richtigkeit der Thatsache völlig überzeugt haben und dieselbe jeden Augenblick unter dem Mikroskop demonstriren können. Auch ist in den letzten Jahrzehnten kein Zweifel an der Wahrheit der Epigenesis wieder laut geworden.[1]

Den ausführlichen empirischen Beweis für diese Epigenesis-Theorie lieferte WOLFF in seiner klassischen Abhandlung »über die Bildung des Darmcanals« (1768). Im ausgebildeten Zustande ist der Darmcanal des Huhnes ein sehr zusammengesetztes, langes Rohr, an welchem Lungen, Leber, Speicheldrüsen und zahlreiche kleinere Drüsen anhängen. WOLFF zeigte nun, dass beim Hühner-Embryo in der ersten Zeit der Bebrütung von diesem zusammengesetzten Rohre mit allen seinen mannigfaltigen Theilen noch gar keine Spur vorhanden ist, sondern statt dessen ein flacher blattförmiger Körper; und dass überhaupt der ganze Embryo-Körper in frühester Zeit die Gestalt eines flachen länglichrunden Blattes besitzt. Wenn man bedenkt, wie schwierig damals, mit den schlechten Mikroskopen des vorigen Jahrhunderts, eine genauere Untersuchung von so ausserordentlich feinen und zarten Verhältnissen, wie der ersten blattförmigen Anlage des Vogelkörpers, war, so muss man die seltene Beobachtungsgabe WOLFF's bewundern, der gerade in diesem dunkelsten Theile der Embryologie schon die wichtigsten Erkenntnisse thatsächlich feststellte. Er gelangte gerade durch diese sehr schwierige Untersuchung zu der richtigen Anschauung, dass bei allen höheren Thieren, wie bei den Vögeln, der ganze Embryokörper eine Zeit lang eine flache, dünne, blattförmige Scheibe darstelle, welche anfangs einfach, dann

aber aus mehreren Schichten zusammengesetzt erscheine. Die tiefste von diesen Schichten oder Blättern ist der Darmcanal, dessen Entwickelung WOLFF von Anfang an bis zu seiner Vollendung vollständig verfolgte. Er wies nach, wie die blattförmige Anlage desselben zuerst zu einer Rinne wird, wie die Ränder dieser Rinne sich gegen einander krümmen und zu einem geschlossenen Canale verwachsen, und wie endlich zuletzt an diesem Rohre die beiden äusseren Mündungen (Mund und After) entstehen.

Aber auch die wichtige Thatsache entging WOLFF nicht, dass in ganz ähnlicher Weise auch die übrigen Organ-Systeme des Körpers aus blattförmigen Anlagen entstehen, die sich zu Röhren gestalten. Auch das Nervensystem, das Muskelsystem, das Gefässsystem mit allen den verschiedenen dazu gehörigen Organen entwickelt sich ebenso aus einer einfachen blattförmigen Anlage, wie das Darmsystem. Und so kommt WOLFF schon 1768 zu der bedeutungsvollen Erkenntniss, welche erst ein halbes Jahrhundert später PANDER zu der fundamentalen »Keimblätter-Theorie« gestaltete. Der Satz, in welchem WOLFF den Grundgedanken der letzteren ausspricht, ist so merkwürdig, dass wir ihn hier wörtlich anführen: »Diese nicht etwa eingebildete, sondern auf den sichersten Beobachtungen begründete und höchst wunderbare Analogie von Theilen, die in der Natur so sehr von einander abweichen, verdient die Aufmerksamkeit der Physiologen im höchsten Grade, indem man leicht zugeben wird, dass sie einen tiefen Sinn hat und in der engsten Beziehung mit der Erzeugung und mit der Natur der Thiere steht. Es scheint, als würden zu verschiedenen Malen hinter einander nach einem und demselben Typus verschiedene Systeme, aus welchen dann ein ganzes Thier wird, gebildet; und als wären diese darum einander ähnlich, wenn sie gleich ihrem Wesen nach verschieden sind. Das System, welches zuerst erzeugt wird, zuerst eine eigenthümliche bestimmte Gestalt annimmt, ist das Nervensystem. Ist dieses vollendet, so bildet sich die Fleischmasse, welche eigentlich den Embryo ausmacht, nach demselben Typus. Darauf erscheint ein drittes, das Gefässsystem, das gewiss den ersteren nicht so unähnlich ist, dass nicht die als allen Systemen gemeinsam zukommend beschriebene Form in ihm leicht erkannt würde. Auf dieses folgt das vierte, der Darmcanal, der wieder nach demselben Typus gebildet wird und als ein vollendetes, in sich geschlossenes Ganzes, den drei ersten ähnlich erscheint«. Mit dieser höchst wichtigen Entdeckung legte WOLFF bereits den ersten Grund zu der fundamentalen »K e i m b l ä t t e r - T h e o r i e«, die durch PANDER (1817)

und BAER (1828) erst viel später vollständig entwickelt wurde. Wörtlich sind allerdings WOLFF's Sätze nicht richtig; allein er näherte sich mit denselben der Wahrheit schon so weit, als es überhaupt damals möglich war und von ihm erwartet werden konnte. Sie werden sehen, wie nahe WOLFF damit dem wahren Sachverhältniss kam.

Einen grossen Theil seiner umfassenden Natur-Anschauung verdankt WOLFF dem Umstande, dass er ein eben so ausgezeichneter Botaniker als Zoologe war. Er untersuchte gleichzeitig auch die Entwickelungsgeschichte der Pflanzen, und begründete zuerst im Gebiete der Botanik diejenige Lehre, welche später GOETHE in seiner geistreichen Schrift von der Metamorphose der Pflanzen ausführte. WOLFF hat zuerst nachgewiesen, dass sich alle verschiedenen Theile der Pflanzen auf das Blatt als gemeinsame Grundlage oder als »Fundamentalorgan« zurückführen lassen. Die Blüthe und die Frucht mit allen ihren Theilen bestehen nur aus umgewandelten Blättern. Diese Erkenntniss musste WOLFF um so mehr überraschen, als er auch bei den Thieren, ebenso wie bei den Pflanzen, eine einfache blattförmige Anlage als die erste Form des embryonalen Körpers entdeckte.

So finden wir demnach bei WOLFF bereits die deutlichen Keime derjenigen Theorien, welche erst viel später andere geniale Naturforscher zur Grundlage des morphologischen Verständnisses vom Thier- und Pflanzenkörper erheben sollten. Noch höher wird aber unsere Bewunderung für diesen erhabenen Genius steigen, wenn wir in ihm sogar dem ersten Vorläufer der berühmten Zellentheorie begegnen. In der That hat WOLFF bereits, wie HUXLEY zuerst zeigte, eine deutliche Ahnung von dieser fundamentalen Theorie gehabt, indem er kleine mikroskopische Bläschen als die eigentlichen Elementartheile ansah, aus denen sich die Keimblätter aufbauten.

Endlich ist noch besonders auf den monistischen Charakter der tiefen philosophischen Reflexionen aufmerksam zu machen, welche WOLFF überall an seine bewunderungswürdigen Beobachtungen knüpfte. WOLFF war ein grosser monistischer Naturphilosoph im besten und reinsten Sinne des Wortes. Freilich wurden seine philosophischen Untersuchungen ebenso wie seine empirischen über ein halbes Jahrhundert hindurch ignorirt, und haben auch jetzt noch nicht die verdiente Anerkennung gefunden. Um so mehr wollen wir hervorheben, dass sich dieselben streng in jener Bahn der Philosophie bewegten, welche wir die monistische nennen und als die allein berechtigte anerkennen.

Dritter Vortrag.

Die neuere Keimesgeschichte.

Karl Ernst Baer.

»Die Entwickelungsgeschichte ist der wahre Lichtträger für Untersuchungen über organische Körper. Bei jedem Schritte findet sie ihre Anwendung, und alle Vorstellungen, welche wir von den gegenseitigen Verhältnissen der organischen Körper haben, werden den Einfluss unserer Kenntniss der Entwickelungsgeschichte erfahren. Es wäre eine fast endlose Arbeit, den Beweis für alle Zweige der Forschung führen zu wollen.«

KARL ERNST BAER (1828).

Inhalt des dritten Vortrages.

Karl Ernst Baer als der bedeutendste Nachfolger Wolff's. Die Würzburger Embryologenschule: Döllinger, Pander, Baer. Pander's Keimblättertheorie. Vollständige Ausbildung derselben durch Baer. Der scheibenförmige Keim zerfällt zunächst in zwei Keimblätter, welche beide sich wieder in je zwei Schichten spalten. Aus dem äusseren oder animalen Keimblatt entsteht die Hautschicht und die Fleischschicht. Aus dem inneren oder vegetativen Keimblatt entsteht die Gefässschicht und die Schleimschicht. Die Bedeutung der Keimblätter. Die Umwandlung derselben in Röhren. Baer's Entdeckung des menschlichen Eies, der Keimblase und des Axenstabes. Die vier Typen der Entwickelung in den vier Hauptgruppen des Thierreichs. Das Baer'sche Gesetz vom Typus der Entwickelung und vom Grade der Ausbildung. Erklärung dieses Gesetzes durch die Selectionstheorie. Baer's Nachfolger: Rathke, Johannes Müller, Bischoff, Kölliker. Die Zellentheorie: Schleiden, Schwann. Anwendung derselben auf die Ontogenie: Robert Remak. Rückschritte der Ontogenie: Reichert und His. Erweiterung des Gebietes der Ontogenie durch Darwin.

III.

Meine Herren!

Wenn wir in unserer historischen Uebersicht über den Entwickelungsgang der menschlichen Ontogenie verschiedene Hauptabschnitte unterscheiden wollen, so können wir deren füglich drei nennen. Der erste Abschnitt hat uns im vorigen Vortrage beschäftigt und umfasst die gesammte Vorbereitungsperiode der embryologischen Untersuchungen; er reicht von ARISTOTELES bis auf CASPAR FRIEDRICH WOLFF, bis zum Jahre 1759, in dem die grundlegende *Theoria generationis* erschien. Der zweite Abschnitt, mit dem wir uns heute beschäftigen wollen, dauert genau ein Jahrhundert, nämlich bis zum Erscheinen des DARWIN'schen Werkes über den Ursprung der Arten, welches 1859 die gesammte Biologie und vor allem die Ontogenie in ihren Fundamenten umgestaltete. Die dritte Periode würde von DARWIN erst ihren Ausgang nehmen. Wenn wir der zweiten Periode demnach gerade die Dauer eines Jahrhunderts zuschreiben, so ist das insofern nicht ganz richtig, als das WOLFF'sche Werk ein halbes Jahrhundert hindurch, bis zum Jahre 1812, fast ganz unbeachtet blieb. Während dieser ganzen Zeit, während 53 Jahren, erschien auch nicht ein einziges Buch, welches auf der von WOLFF erschlossenen Bahn fortgeschritten wäre und welches seine Entwickelungstheorie weiter ausgeführt hätte. Nur gelegentlich wurden die vollkommen richtigen und unmittelbar auf Beobachtung der Thatsachen gegründeten Anschauungen WOLFF's erwähnt, aber als irrthümlich verworfen; die Gegner desselben, die Anhänger der damals herrschenden, falschen Praeformationstheorie, würdigten ihn nicht einmal einer Widerlegung. Es ist dies, wie schon angeführt, der ausserordentlichen Autorität zu verdanken, welche WOLFF's berühmter Gegner, ALBRECHT HALLER, besass, eines der erstaunlichsten Beispiele für den Einfluss, welchen eine mächtige Autorität als solche gegenüber der klaren Erkenntniss der Thatsachen auf lange Zeit hin auszuüben vermag. Die allgemeine Unbekanntschaft mit WOLFF's Werken ging so weit, dass sogar im Anfange unseres Jahrhunderts zwei Natur-

philosophen, OKEN (1806) und KIESER (1810), selbstständige Untersuchungen über die Entwickelung des Darms beim Hühnchen anstellen und auf die richtige Spur der Ontogenie kommen konnten, ohne von der wichtigen Arbeit WOLFF's über denselben Gegenstand etwas zu wissen: sie traten in seine Fusstapfen, ohne es zu ahnen. Das lässt sich leicht durch die Thatsache beweisen, dass sie nicht so weit kamen, wie WOLFF selbst. Erst als im Jahre 1812 MECKEL das Buch WOLFF's über die Entwickelung des Darmcanals in's Deutsche übersetzte und auf die hohe Bedeutung desselben hinwies, wurden plötzlich den anatomischen und physiologischen Gelehrten die Augen geöffnet. Bald darauf sehen wir eine ganze Anzahl von Biologen damit beschäftigt, von neuem embryologische Untersuchungen anzustellen und WOLFF's Theorie Schritt für Schritt zu verfolgen und zu bestätigen.

Die Universität Würzburg war der Ort, von welchem diese Neubelebung der Ontogenie und die erste Bestätigung und weitere Fortbildung der allein richtigen Epigenesis-Theorie ausging. Dort lehrte damals ein ausgezeichneter Biologe, DÖLLINGER, der Vater des berühmten Münchener Theologen, der in unseren Tagen durch seine Opposition gegen das neue Dogma der päpstlichen Unfehlbarkeit sich so hohe Verdienste erworben hat. DÖLLINGER war ein eben so denkender Naturphilosoph, als genau beobachtender Biolog; er hegte für die Entwickelungsgeschichte das grösste Interesse und beschäftigte sich viel mit derselben. Doch konnte er selbst keine grössere Arbeit auf diesem Gebiete zu Stande bringen, da ihm dazu die äusseren Mittel fehlten. Da kam im Jahre 1816 ein junger, eben promovirter Doctor der Medicin nach Würzburg, den wir gleich als den bedeutendsten Nachfolger WOLFF's kennen lernen werden, KARL ERNST BAER. Die Gespräche, welche dieser mit DÖLLINGER über Entwickelungsgeschichte führte, wurden die Veranlassung zu einer Neubelebung der Untersuchungen. Der letztere sprach nämlich den Wunsch aus, dass unter seiner Leitung ein junger Naturforscher von neuem selbstständige Beobachtungen über die Entwickelung des Hühnchens während der Bebrütung des Eies in Angriff nehmen möge. Da weder er selbst noch BAER über die ziemlich bedeutenden Geldmittel verfügte, welche damals eine Brütmaschine und die Verfolgung des bebrüteten Eies, sowie die für unerlässlich gehaltene genaue Abbildung der beobachteten Entwickelungsstadien durch einen geübten Künstler erforderten, so wurde die Ausführung der Untersuchung CHRISTIAN PANDER übertragen, einem begüterten Jugendfreunde BAER's, welchen dieser

bewogen hatte, nach Würzburg zu kommen. Für die Anfertigung der nöthigen Kupfertafeln wurde ein geschickter Künstler, DALTON, gewonnen.

Da bildete sich, wie BAER sagt, »jene für die Naturwissenschaft ewig denkwürdige Verbindung, in welcher ein in physiologischen Forschungen ergrauter Veteran (DÖLLINGER), ein von Eifer für die Wissenschaft glühender Jüngling (PANDER) und ein unvergleichlicher Künstler (DALTON) sich verbanden, um durch vereinte Kräfte eine feste Grundlage für die Entwickelungsgeschichte des thierischen Organismus zu gewinnen«. In kurzer Zeit wurde die Entwickelungsgeschichte des Hühnchens, an welcher BAER zwar nicht unmittelbar, aber doch mittelbar den lebhaftesten Antheil nahm, so weit gefördert, dass PANDER bereits in seiner 1817 erschienenen Doctordissertation [20]) zum ersten Male die vollständigen Grundzüge der Entwickelungsgeschichte des Hühnchens auf dem Fundamente von WOLFF's Theorie entwerfen und die von Letzterem vorbereitete Keimblätter-Theorie klar aussprechen, die von ihm geahnte Entwickelung der zusammengesetzten Organsysteme aus einfachen blattförmigen Primitivorganen durch die Beobachtung nachweisen konnte. Nach PANDER zerfällt die blattförmige Keimanlage des Hühnereies schon vor der zwölften Stunde der Bebrütung in zwei verschiedene Schichten, ein äusseres seröses Blatt und ein inneres muköses Blatt (oder Schleimblatt); zwischen beiden entwickelt sich später eine dritte Schicht, das Gefässblatt.

KARL ERNST BAER, welcher zu PANDER's Untersuchungen wesentlich mit Veranlassung gegeben und nach seinem Weggange von Würzburg das lebhafteste Interesse dafür bewahrt hatte, begann seine eigenen, viel umfassenderen Forschungen 1819, und veröffentlichte als reife Frucht derselben nach neun Jahren ein Werk über »Entwickelungsgeschichte der Thiere«, welches noch heute allgemein und mit vollem Recht für die bedeutendste und werthvollste von sämmtlichen embryologischen Schriften gilt. Dieses Buch, ein wahres Muster von sorgfältiger empirischer Beobachtung, verbunden mit geistvoller philosophischer Speculation, erschien in zwei Theilen, der erste im Jahre 1828, der zweite neun Jahre später, im Jahre 1837 [21]). BAER's Werk ist das sichere Fundament, auf welchem die ganze individuelle Entwickelungsgeschichte bis auf den heutigen Tag ruht, und überflügelt seine Vorgänger, namentlich auch PANDER's Entwurf, soweit, dass es nächst den WOLFF'schen Arbeiten als die wichtigste Basis der neueren Ontogenie zu betrachten ist. Da nun BAER, der

noch heute hochbetagt in Dorpat lebt, zu den grössten Naturforschern unseres Jahrhunderts zählt und auch auf andere Zweige der Biologie einen höchst fördernden Einfluss ausgeübt hat, so dürfte es von Interesse sein, über die äusseren Lebensschicksale dieses ausserordentlichen Mannes Einiges hier einzufügen.

Karl Ernst Baer ist 1792 in Esthland auf dem kleinen Gute Piep geboren, welches sein Vater besass; er machte seine Studien von 1810 bis 1814 in Dorpat und ging dann nach Würzburg, wo Döllinger ihn nicht allein in die vergleichende Anatomie und Ontogenie einführte, sondern auch namentlich durch seine naturphilosophische Richtung höchst befruchtend und anregend auf ihn wirkte. Von Würzburg kam Baer nach Berlin, und dann, einer Aufforderung des Physiologen Burdach folgend, nach Königsberg, wo er mit einigen Unterbrechungen bis 1834 Vorlesungen über Zoologie und Entwickelungsgeschichte hielt und seine wichtigsten Arbeiten vollendete. Im Jahre 1834 ging er nach Petersburg als Mitglied der dortigen Akademie, verliess aber hier fast gänzlich sein früheres Arbeitsfeld und beschäftigte sich mit verschiedenen, von diesem weit abliegenden naturwissenschaftlichen Forschungen, namentlich mit geographischen, geologischen, ethnographischen und anthropologischen Untersuchungen. Bei weitem seine bedeutendsten Arbeiten sind diejenigen über die Entwickelungsgeschichte der Thiere; sie wurden fast alle in Königsberg gefertigt, wenn auch theilweise erst später veröffentlicht. Die Verdienste derselben sind, ebenso wie die der Wolff'schen Schriften, sehr vielseitig und erstrecken sich über das ganze Gebiet der Ontogenie nach den verschiedensten Richtungen hin.

Zunächst bildete Baer die fundamentale Keimblätter-Theorie im Ganzen wie im Einzelnen so klar und vollständig durch, dass seine Auffassung derselben noch heute das sicherste Fundament unserer ontogenetischen Erkenntniss bildet. Er zeigte, dass beim Menschen und den übrigen Säugethieren ganz ebenso wie beim Hühnchen, kurz bei allen Wirbelthieren überhaupt, immer in derselben Weise zuerst zwei, und darauf vier Keimblätter sich bilden: und dass durch deren Umwandlung in Röhren die ersten Fundamental-Organe des Körpers entstehen. Nach Baer ist die erste Anlage des Wirbelthierkörpers, welche auf dem kugeligen Dotter des befruchteten Eies sichtbar wird, eine länglich runde Scheibe, die sich zunächst in zwei Blätter oder Schichten spaltet. Aus der oberen Schicht oder dem animalen Blatte entwickeln sich alle Organe, welche die Erscheinungen des animalen Lebens bewirken: die Functionen der Empfindung, der Be-

wegung, der Deckung des Körpers. Aus der unteren Schicht oder dem vegetativen Blatte gehen alle die Organe hervor, welche die Vegetation des Körpers vermitteln, die Lebenserscheinungen der Ernährung, der Verdauung, der Blutbildung, der Athmung, der Absonderung, der Fortpflanzung u. s. w.

Jedes dieser beiden ursprünglichen Keimblätter spaltet sich wieder in zwei dünnere, über einander liegende Blätter oder Lamellen. Erstens spaltet sich das animale Blatt in zwei Schichten, die BAER Hautschicht und Fleischschicht nennt. Aus der oberflächlichsten dieser beiden Lamellen, aus der Hautschicht, bildet sich die äussere Haut, die Bedeckung des Körpers, und das Central-Nervensystem, das Rückenmarks-Rohr, Gehirn und Sinnesorgane. Aus der darunter gelegenen Fleischschicht entwickeln sich die Muskeln oder Fleischtheile und das innere Knochengerüst, kurz die Bewegungsorgane des Körpers. In ganz ähnlicher Weise zerfällt nun zweitens auch das untere oder vegetative Keimblatt in zwei Lamellen, die BAER als Gefässschicht und Schleimschicht bezeichnet. Aus der äusseren von beiden, aus der Gefässschicht, entstehen das Herz und die Blutgefässe, die Milz und die übrigen sogenannten Blutgefässdrüsen, die Nieren und Geschlechtsdrüsen. Aus der tiefsten, vierten Schicht endlich, aus der Schleimschicht, entwickelt sich die innere ernährende Haut des Darmcanals und aller seiner Anhänge, Leber, Lunge, Speicheldrüsen u. s. w. Eben so glücklich, wie BAER die Bedeutung dieser vier secundären Keimblätter und ihre paarweise Entstehung durch Spaltung aus den beiden primären Keimblättern erkannte, eben so scharfsinnig verfolgte er auch deren Umbildung in die röhrenförmigen Fundamentalorgane. Er löste zuerst das schwierige Problem, wie sich aus dieser vierfach geschichteten, flachen, blattförmigen Keimesanlage der ganz anders gestaltete Körper des Wirbelthieres entwickelt, und zwar dadurch, dass diese Blätter zu Röhren werden. Die flachen Blätter krümmen sich in Folge bestimmter Wachsthumsverhältnisse: die Ränder der gewölbten Blätter wachsen gegen einander und nähern sich immer mehr: schliesslich verwachsen sie an den Berührungsstellen. So wird aus dem flachen Darmblatte ein hohles Darmrohr: aus dem flachen Markblatte ein hohles Markrohr, aus dem Hautblatte ein Hautrohr u. s. w.

Unter den zahlreichen und grossen einzelnen Verdiensten, welche sich BAER um die Ontogenie, besonders der Wirbelthiere, erwarb, ist hier zunächst die Entdeckung des menschlichen Eies hervorzuheben. Allerdings hatten schon die meisten früheren Natur-

forscher angenommen, dass sich der Mensch gleich den übrigen Thieren aus einem Ei entwickle. Nahm ja doch die Evolutionstheorie an, dass alle vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Generationen des Menschengeschlechts in den Eiern der Mutter Eva eingeschachtelt vorhanden gewesen seien. Aber thatsächlich blieb das wahre Ei des Menschen und der übrigen Säugethiere bis zum Jahre 1827 unbekannt. Dieses Ei ist nämlich ausserordentlich klein, ein kugeliges Bläschen von nur $\frac{1}{10}$ Linie Durchmesser, welches man unter günstigen Umständen wohl mit blossen Augen sehen, unter ungünstigen aber nicht erkennen kann. Dieses Bläschen entwickelt sich im Eierstock des Weibes in eigenthümlichen, viel grösseren, kugeligen Bläschen, die man nach ihrem Entdecker GRAAF die Graaf'schen Follikel nannte und früher allgemein für die wirklichen Eier hielt. Erst im Jahre 1827, also vor noch nicht fünfzig Jahren, wies BAER nach, dass diese Graaf'schen Follikel nicht die wahren Eier des Menschen, sondern dass die letzteren viel kleiner und in den ersteren verborgen seien (vergl. den Schluss des XXV. Vortrags).

BAER war ferner der Erste, der die sogenannte Keimblase der Säugethiere beobachtete, d. h. die kugelige Blase, die zunächst aus dem befruchteten Eie sich entwickelt, und deren dünne Wand aus einer einzigen Schicht von regelmässigen vieleckigen Zellen zusammengesetzt ist (vgl. den achten Vortrag). Eine andere Entdeckung BAER'S, welche grosse Bedeutung für die typische Auffassung des Wirbelthier-Stammes und der charakteristischen Organisation dieser auch den Menschen umfassenden Thiergruppe erlangte, war der Nachweis des Axenstabes oder der *Chorda dorsalis*. Das ist ein langer, dünner, cylindrischer Knorpelstab, welcher der Länge nach durch den ganzen Körper des Embryo bei allen Wirbelthieren hindurchgeht, sehr frühzeitig sich entwickelt und die erste Anlage des Rückgrats, des festen Axenskeletes der Wirbelthiere darstellt. Bei dem niedersten aller Wirbelthiere, dem merkwürdigen Lanzetthierchen (*Amphioxus*), bleibt sogar zeitlebens das ganze innere Skelet auf diese Chorda beschränkt. Aber auch beim Menschen und bei allen höheren Wirbelthieren entwickelt sich rings um diese Chorda erst nachträglich das Rückgrat und später der Schädel.

So wichtig nun auch diese und viele andere Entdeckungen BAER'S für die Ontogenie der Wirbelthiere waren, so gewannen doch seine Untersuchungen vorzugsweise dadurch die grösste Bedeutung, dass er zum ersten Male die Entwickelungsgeschichte des Thierkörpers vergleichend in Angriff nahm. Allerdings waren es zunächst die

Wirbelthiere (namentlich die Vögel und Fische), deren Ontogenese BAER vorzugsweise verfolgte. Aber er beschränkte sich keineswegs auf diese allein, sondern zog auch die verschiedenen wirbellosen Thiere in den Kreis seiner Untersuchungen. Das allgemeinste Resultat dieser vergleichend-embryologischen Untersuchungen bestand darin, dass BAER vier völlig verschiedene Entwickelungsweisen für die vier verschiedenen grossen Hauptgruppen des Thierreiches annahm. Diese vier Hauptgruppen oder Typen, die man damals in Folge der vergleichend-anatomischen Untersuchungen von GEORGE CUVIER zu unterscheiden begonnen hatte, sind: 1) die Wirbelthiere (*Vertebrata*); 2) die Gliederthiere (*Articulata*); 3) die Weichthiere (*Mollusca*) und 4) die niederen Thiere, welche damals alle irrthümlich als sogenannte Strahlthiere (*Radiata*) zusammengefasst wurden. CUVIER hatte im Jahre 1816 zum ersten Male gezeigt, dass diese vier Hauptgruppen des Thierreichs im ganzen inneren Bau, in der Zusammensetzung und Lagerung der Organsysteme, sehr wesentliche und typische Unterschiede zeigten; dass hingegen alle Thiere eines und desselben Typus, z. B. alle Wirbelthiere trotz der grössten äusseren Verschiedenheit doch im inneren Bau wesentlich übereinstimmen. BAER aber führte, unabhängig davon und fast gleichzeitig, den Nachweis, dass sich diese vier Hauptgruppen in völlig verschiedener Weise aus dem Ei entwickeln, und dass die Reihenfolge der embryonalen Entwickelungsformen bei allen Thieren eines Typus von Anfang an dieselbe, hingegen bei den verschiedenen Typen verschieden sei. Während man bis auf jene Zeit bei der Classification des Thierreiches stets bestrebt gewesen war, alle Thiere von den niedersten bis zu den höchsten, vom Infusorium bis zum Menschen, in eine einzige zusammenhängende Formenkette zu ordnen, und während man allgemein dem falschen Satze huldigte, dass vom niedersten Thiere bis zum höchsten nur eine einzige ununterbrochene Stufenleiter der Entwickelung vorhanden sei, führten CUVIER und BAER den Nachweis, dass diese Anschauung grundfalsch sei, und dass vielmehr vier gänzlich verschiedene Typen der Thiere sowohl hinsichtlich des anatomischen Baues, wie der embryonalen Entwickelung unterschieden werden müssten.

In Folge dieser Entdeckung gelangte BAER weiterhin zur Aufstellung eines sehr wichtigen Gesetzes, das wir ihm zu Ehren das BAER'sche Gesetz nennen wollen, und das er selbst in folgenden Worten ausspricht: »Die Entwickelung eines Individuums einer bestimmten Thierform wird von zwei Verhältnissen bestimmt: erstens

von einer fortgehenden Ausbildung des thierischen Körpers durc
wachsende histologische und morphologische Sonderung; zweitens zu
gleich durch Fortbildung aus einer allgemeineren Form des Typus i
eine mehr besondere. Der Grad der Ausbildung des thieri
schen Körpers besteht in einem grösseren oder geringere
Maasse der Heterogenität der Elementartheile und der einzelnen Ab
schnitte eines zusammengesetzten Apparats, mit einem Worte, in de
grösseren histologischen und morphologischen Sonde
rung (Differenzirung). Der Typus dagegen ist das Lage
rungsverhältniss der organischen Elemente und de
Organe. Der Typus ist von der Stufe der Ausbildung durchaus ve
schieden, so dass derselbe Typus in mehreren Stufen der Ausbildun
bestehen kann, und umgekehrt, dieselbe Stufe der Ausbildung i
mehreren Typen erreicht wird.« Daraus erklärt sich die Erscheinung
dass die vollkommensten Thiere jedes Typus, z. B. die höchste
Gliederthiere und Weichthiere, viel vollkommener organisirt, d. l
viel stärker differenzirt sind, als die unvollkommensten Thie
jedes anderen Typus, z. B. die niedersten Wirbelthiere und Strah
thiere.

Dieses »Baer'sche Gesetz« hat die grösste Bedeutung fü
die fortschreitende Erkenntniss der thierischen Organisation gewonne
obgleich wir erst später durch Darwin in den Stand gesetzt wurde
seine wahre Bedeutung zu erkennen und zu würdigen. Wir wolle
hier gleich die Bemerkung einfügen, dass das wahre Verständni
desselben nur durch die Descendenztheorie möglich ist, durch di
Anerkennung der höchst wichtigen Rolle, welche die Vererbun
und die Anpassung bei der organischen Formbildung spielen. Wi
ich in meiner generellen Morphologie Bd. II, S. 10) gezeigt habe, i
der »Typus der Entwickelung« die mechanische Folge der Ve
erbung: der »Grad der Ausbildung« aber ist die mechanisch
Folge der Anpassung. Vererbung und Anpassung sind die mech
nischen Factoren der organischen Formbildung, welche erst dur
Darwin's Selectionstheorie in die Ontogenie eingeführt wurden, u
durch welche wir erst zum Verständniss des Baer'schen Gesetzes g
langt sind.

Die epochemachenden Arbeiten Baer's regten ein ausserorden
liches Interesse für embryologische Untersuchungen in den weitest
Kreisen an. Wir sehen daher in der Folgezeit eine grosse Anzahl v
Beobachtern das neu entdeckte Forschungsgebiet betreten und m
rühmlichem Fleisse zahlreiche einzelne Entdeckungen in kurzer Ze

anhäufen. Die Mehrzahl dieser neueren Embryologen sind fleissige Specialarbeiter, welche durch Herbeischaffen neuen Materials Viel genützt, im Ganzen aber nur wenig die allgemeinen Probleme der Keimesgeschichte gefördert haben. Ich kann mich daher hier auf die Nennung weniger Namen beschränken. Besonders bedeutend sind die Untersuchungen von HEINRICH RATHKE in Königsberg (gest. 1861), welcher sowohl die Entwickelungsgeschichte der Wirbellosen (Krebse, Insecten, Mollusken), als auch namentlich diejenige der Wirbelthiere (Fische, Schildkröten, Schlangen, Crocodile) bedeutend förderte. Ueber die Keimesgeschichte der Säugethiere haben wir die umfassendsten Aufschlüsse durch die sorgfältigen Untersuchungen von WILHELM BISCHOFF in München erhalten. Seine Entwickelungsgeschichte des Kaninchens (1840), des Hundes (1842), des Meerschweinchens (1852) und des Rehes (1854) bilden hier bisher die wichtigste Grundlage. Unter den zahlreichen Arbeiten über die Entwickelungsgeschichte der wirbellosen Thiere sind namentlich diejenigen des berühmten Berliner Zoologen JOHANNES MÜLLER über die Sternthiere (Echinodermen) ausgezeichnet: ferner diejenigen von ALBERT KÖLLIKER in Würzburg über die Dintenfische (Cephalopoden), von SIEBOLD und von HUXLEY über Würmer und Pflanzenthiere, von FRITZ MÜLLER (Desterro) über die Crustaceen, von WEISMANN über die Insecten, u. s. w. Die Zahl der Arbeiter auf diesem Gebiete ist neuerdings sehr gewachsen, ohne jedoch gerade viel Hervorragendes zu leisten. Den meisten neueren Arbeiten über Keimesgeschichte sieht man es an, dass ihre Verfasser zu wenig mit der vergleichenden Anatomie vertraut sind. Die bedeutendsten Keimesgeschichten aus der neuesten Zeit sind diejenigen von A. KOWALEVSKY, E. RAY-LANKESTER und EDUARD VAN BENEDEN, auf welche wir später zurückkommen. [22])

Ein intensiverer Fortschritt in unserer allgemeinen Erkenntniss, als durch alle jene Einzeluntersuchungen herbeigeführt wurde, datirt vom Jahre 1838, in welchem die Zellentheorie begründet, und damit auch für die Entwickelungsgeschichte plötzlich ein neues Gebiet der Forschung eröffnet wurde. Nachdem zuerst der berühmte Botaniker M. SCHLEIDEN in Jena 1838 mittelst des Mikroskops die Zusammensetzung jedes Pflanzenkörpers aus zahllosen elementaren Formbestandtheilen, den sogenannten Zellen, nachgewiesen hatte, wendete unmittelbar darauf ein Schüler von JOHANNES MÜLLER, THEODOR SCHWANN in Berlin, diese Entdeckung auf den Thierkörper an. [23]) Er zeigte, dass auch im Leibe der verschiedensten Thiere bei mikroskopischer Untersuchung der Gewebe überall dieselben Zellen als die wahren,

einfachen Bausteine des Organismus sich nachweisen lassen. Alle die mannigfaltigen Gewebe des Thierkörpers, namentlich die so sehr verschiedenen Gewebe der Nerven, Muskeln, Knochen, äusseren Haut, Schleimhaut u. s. w. sind ursprünglich aus weiter nichts zusammengesetzt als aus Zellen; und dasselbe gilt von allen verschiedenen Geweben des Pflanzenkörpers. Diese Zellen, die wir nachher noch genauer betrachten werden, sind selbstständige lebendige Wesen. Sie sind die Staatsbürger des Staates, den der ganze vielzellige Organismus darstellt. Diese höchst wichtige Erkenntniss musste natürlich auch der Entwickelungsgeschichte unmittelbar zu Gute kommen, indem sie viele neue Fragen anregte; so namentlich die Fragen: Welche Bedeutung haben denn die Zellen für die Keimblätter? Sind die Keimblätter bereits aus Zellen zusammengesetzt, und wie verhalten sie sich zu den Zellen der später erscheinenden Gewebe? Wie verhält sich das Ei zur Zellentheorie? Ist das Ei selbst eine Zelle, oder ist es aus solchen zusammengesetzt? Das waren die bedeutungsvollen Fragen, welche durch die Zellentheorie jetzt zunächst in die Embryologie eingeführt wurden.

Für die richtige Beantwortung dieser Fragen, die von verschiedenen Forschern in verschiedenem Sinne versucht wurde, sind vor allen die ausgezeichneten »Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere« von ROBERT REMAK in Berlin (1851) entscheidend geworden. Dieser talentvolle Naturforscher verstand es, die grossen Schwierigkeiten, welche die SCHLEIDEN-SCHWANN'sche Zellentheorie in ihrer ersten Fassung der Embryologie in den Weg gelegt hatte, durch eine angemessene Reform derselben zu beseitigen. Allerdings hatte schon der Berliner Anatom CARL BOGUSLAUS REICHERT einen Versuch gemacht, die Entstehung der Gewebe zu erklären. Allein dieser Versuch musste gründlich misslingen, da es diesem ausserordentlich unklaren Kopfe sowohl an jedem richtigen Verständniss der Entwickelungsgeschichte und der Zellentheorie im Allgemeinen, wie an gesunden Anschauungen vom Bau und der Entwickelung der Gewebe im Besonderen fehlte. Wie ungenau REICHERT's Beobachtungen und wie falsch die daraus gezogenen Schlüsse waren, das ergiebt sich aus jeder genaueren Prüfung seiner angeblichen Entdeckungen. Beispielsweise sei hier nur angeführt, dass derselbe das ganze äussere Keimblatt, aus welchem die wichtigsten Körpertheile (Gehirn, Rückenmark, Oberhaut u. s. w.) entstehen, für eine vergängliche »Umhüllungshaut« des Embryo erklärte, die gar nicht an der Körperbildung selbst sich betheilige. Die Anlagen der einzelnen

Organe sollten grossentheils nicht aus den ursprünglichen Keimblättern, sondern unabhängig davon einzeln aus dem Eidotter entstehen und erst nachträglich zu jenen hinzutreten. REICHERT's verkehrte embryologische Arbeiten wussten sich nur dadurch ein vorübergehendes Ansehen zu verschaffen, dass sie mit ungewöhnlicher Anmaassung auftraten, und die BAER'sche Keimblätter-Theorie als Irrlehre nachzuweisen behaupteten; und zwar in einer so unklaren und verworrenen Darstellung, dass eigentlich Niemand sie recht verstehen konnte. Gerade deshalb aber fanden sie die Bewunderung manches Lesers, der hinter diesen dunkeln Orakeln und Mysterien irgend einen tiefen Weisheitskern vermuthete.

In die arge Verwirrung, welche REICHERT angerichtet hatte, brachte erst REMAK volles Licht, indem er in der einfachsten Weise die Entwickelung der Gewebe aufklärte. Nach seiner Auffassung ist das Ei der Thiere stets eine einfache Zelle; die Keimblätter, welche sich aus dem Ei entwickeln, sind nur aus Zellen zusammengesetzt; und diese Zellen, welche allein die Keimblätter bilden, entstehen ganz einfach durch fortgesetzte, wiederholte Theilung aus der ersten ursprünglich einfachen Eizelle. Dieselbe zerfällt zunächst in 2, dann in 4 Zellen; aus diesen 4 Zellen entstehen 8, dann 16, 32 u. s. w. Es ensteht also bei der individuellen Entwickelung jedes Thieres, ebenso wie jeder Pflanze, zunächst immer aus der einfachen Eizelle durch wiederholte Theilung derselben ein Haufen von Zellen, wie früher schon (1844) KÖLLIKER behauptet hatte. Die Zellen dieses Haufens breiten sich flächenartig aus und setzen Blätter zusammen: und jedes dieser Blätter ist ursprünglich nur aus einerlei Zellenart zusammengesetzt. Die Zellen der verschiedenen Blätter bilden sich verschieden aus, differenziren sich, und endlich erfolgt innerhalb der Blätter die weitere Sonderung (Differenzirung) oder Arbeitstheilung der Zellen, aus welcher alle die verschiedenen Gewebe des Körpers hervorgehen.

Das sind die höchst einfachen Grundzüge der Histogenie oder der Lehre von der Entwickelung der Gewebe, welche zuerst von REMAK und KÖLLIKER in dieser umfassenden Weise durchgeführt wurde. Indem namentlich REMAK den Antheil näher feststellte, welchen die verschiedenen Keimblätter an der Bildung der verschiedenen Gewebe und Organ-Systeme besitzen, und die Theorie der Epigenesis auch auf die Zellen und die aus ihnen zusammengesetzten Gewebe anwendete, erhob er die Keimblätter-Theorie, wenigstens innerhalb des Wirbelthierstammes, auf diejenige Stufe der Vollendung, die wir

nachher im Einzelnen kennen lernen werden. Aus den beiden Keimblättern, welche die erste einfache blattförmige Anlage des Wirbelthier-Körpers oder die sogenannte »Keimscheibe« zusammensetzen, entstehen nach REMAK zunächst dadurch drei Blätter, dass sich das untere Blatt in zwei Lamellen spaltet; diese drei Blätter haben ganz bestimmte Beziehungen zu den verschiedenen Geweben. Es entwickeln sich nämlich erstens aus dem äusseren oder oberen Blatt lediglich die Zellen, welche die äussere Oberhaut (Epidermis) unsers Körpers sammt den dazu gehörigen Anhangsgebilden (Haaren, Nägeln u. s. w.) zusammensetzen, also die äussere Decke, welche den ganzen Körper überzieht; ausserdem entstehen aber merkwürdiger Weise aus demselben oberen Blatte noch die Zellen, welche das Central-Nervensystem, Gehirn und Rückenmark zusammensetzen. Es entstehen zweitens aus dem inneren oder unteren Keimblatt bloss die Zellen, welche das Darm-Epithelium bilden, d. h. die ganze innere Auskleidung vom Darmcanal und von Allem, was daran hängt (Leber, Lunge, Speicheldrüsen u. s. w.): also die Gewebe, welche die Nahrung des thierischen Körpers aufnehmen und die Verarbeitung derselben besorgen. Endlich drittens entwickeln sich aus dem dazwischen liegenden mittleren Blatte alle übrigen Gewebe des Wirbelthierkörpers: Fleisch und Blut, Knochen und Bindegewebe u. s. w. REMAK wies dann ferner nach, dass dieses mittlere Blatt, welches er motorisch-germinatives Blatt nennt, sich secundär wieder in zwei Blätter spaltet. Wir finden also zusammen wieder dieselben vier Blätter, die schon BAER angenommen hatte. Die äussere Spaltungs-Lamelle des mittleren Blattes (BAER's »Fleischschicht«) nennt REMAK Hautplatte (besser: Hautfaserplatte): sie bildet die äussere Leibeswand (Lederhaut, Muskeln u. s. w.). Die innere Spaltungs-Lamelle desselben (BAER's »Gefässschicht«) nennt er Darmfaserplatte; sie bildet die äussere Umhüllung des Darmcanals mit dem Gekröse, dem Herzen, den Blutgefässen u. s. w.

Auf der festen Grundlage, welche REMAK so für die Entwickelungsgeschichte der Gewebe, die sogenannte Histogenie, lieferte, sind in neuester Zeit unsere Kenntnisse im Einzelnen vielfach weiter ausgebildet worden. Allerdings ist auch mehrfach der Versuch gemacht worden, REMAK's Lehren theilweise zu beschränken oder auch ganz umzugestalten. Insbesondere sind der Berliner Anatom REICHERT und der Leipziger Anatom WILHELM HIS bemüht gewesen, in umfangreichen Arbeiten eine neue Anschauung von der Entwickelung des Wirbelthier-Körpers zu begründen, wonach die Grundlage des letz-

teren nicht ausschliesslich durch die beiden primären Keimblätter gebildet wird. Indessen sind diese Arbeiten so sehr ohne die unentbehrliche Kenntniss der vergleichenden Anatomie, ohne tieferes Verständniss der Ontogenesis und ohne jede Rücksicht auf die Phylogenesis ausgeführt, dass sie nur einen ganz vorübergehenden Erfolg haben konnten. Nur durch den gänzlichen Mangel an Kritik und an Verständniss der eigentlichen Aufgaben der Entwickelungsgeschichte lässt es sich erklären, dass die wunderlichen Einfälle von REICHERT und HIS eine Zeit lang von Vielen als grosse Fortschritte angestaunt werden konnten.

Nachdem HIS schon 1868 seine grundfalschen Ansichten in einem umfangreichen Buche über »die erste Entwickelung des Hühnchens im Ei« in sehr gelehrter Form und unter dem Aushängeschild einer neuen und höchst exacten, mathematisch-physikalischen Methode ausgeführt hatte, gab er neuerdings eine allgemeine Darstellung derselben in der Schrift: »Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung« (Leipzig 1875). Da HIS, um dieser Schrift eine weitere Verbreitung zu geben, sie in den Zeitungen als »wichtig für die Leser von HAECKEL's Anthropogenie« ankündigen lässt, will ich nur noch bemerken, dass ich in meiner Schrift über »Ziele und Wege der Entwickelungsgeschichte« (Jena 1875) die Antwort darauf nicht schuldig geblieben bin. Auf die wichtigsten Punkte seiner falschen Theorien werde ich später (im XXIV. Vortrage) zurückkommen.

In neuester Zeit sind übrigens die ontogenetischen Schriften von HIS und REICHERT, welche bisher als die verkehrtesten und misslungensten unter den grösseren Arbeiten unserer Wissenschaft galten, noch weit übertroffen worden durch das grosse Werk von ALEXANDER GOETTE in Strassburg über die »Entwickelungsgeschichte der Unke (Bombinator igneus) als Grundlage einer vergleichenden Morphologie der Wirbelthiere« (Leipzig 1875). Das ist die umfangreichste Monographie, welche bisher in der ontogenetischen Literatur existirt: ein dicker Band von 964 Seiten, begleitet von einem sehr schönen Folio-Atlas von 22 Tafeln. Diese prachtvollen Tafeln, welche nicht weniger als 382 saubere und höchst sorgfältig ausgeführte Abbildungen über die Keimesgeschichte der Unke geben, erwecken für das grosse Werk, eine Frucht jahrelangen unermüdlichen Fleisses, das günstigste Vorurtheil. Leider wird aber der Leser, der aus diesem vorzüglichen Bilderbuch auf eine entsprechende Vortrefflichkeit des umfangreichen Textes schliessen wollte, auf das Grausamste enttäuscht. Nicht allein ist die gesammte Darstellung im höchsten Grade unklar, verworren

und widerspruchsvoll, sondern der Verfasser bekundet auch durch die ganze Behandlung der schwierigen Aufgabe, das er vermöge seiner gesammten naturwissenschaftlichen Bildung derselben nicht entfernt gewachsen ist. Ich würde dieses harte Urtheil hier nicht fällen, wenn nicht GOETTE von der glücklichen Einbildung beseelt wäre, als Reformator der Wissenschaft diese auf ganz neuer »Grundlage« aufzubauen, und wenn er nicht demgemäss die grössten Coryphäen unserer Wissenschaft, z. B. BAER, REMAK, GEGENBAUR u. s. w. in der hochmüthigsten Weise als beschränkte Arbeiter behandelte, die »wegen mangelnden Verständnisses der Entwickelungsgeschichte ihr Ziel verfehlt haben«. Wie aber die neue Wissenschaft von GOETTE beschaffen ist, davon mag folgende Probe Zeugniss ablegen: »Ein vollkommenes Leben macht die Entwickelung unmöglich. Die Entwickelungsfähigkeit des reifen Eies schliesst ein wirkliches Leben aus. Die Eifurchung ist ein nicht lebendiger Entwickelungs-Vorgang. Das Ei ist weder im Ganzen, noch zum Theil, weder nach der Entstehung, noch nach der fertigen Erscheinung eine Zelle. Die Zellen als Gewebstheile sind keine Organismen, keine organischen Individuen. Die Individualität eines Organismus ist nur ein besonderer Ausdruck seines Entwickelungszieles« u. s. w.

In diesen und vielen anderen Sätzen von GOETTE wird unsere ganze bisherige Wissenschaft auf den Kopf gestellt. Die Zellentheorie und die Protoplasma-Theorie werden als werthlos verworfen; auch die vergleichende Anatomie hat nach ihm keinen wissenschaftlichen Werth; die Phylogenie ist keine Wissenschaft u. s. w. Ich habe die unglaublichen Behauptungen und die beispiellosen Verkehrtheiten von GOETTE ausführlich in meiner Schrift über »Ziele und Wege der heutigen Entwickelungsgeschichte« (1875) beleuchtet, in welcher ich zugleich eine Kritik der Ansichten von HIS und AGASSIZ geliefert habe. In anderen Wissenschaften sind ähnliche Verirrungen heutzutage kaum noch möglich. In der Entwickelungsgeschichte erklärt sich ihr Vorkommen einestheils aus der grossen Schwierigkeit der höchst verwickelten Aufgabe, anderntheils aus der ungenügenden allgemeinen Bildung, welche die meisten neueren Arbeiter auf diesem Gebiete besitzen.

Alle guten neueren Untersuchungen über die Ontogenese der Thiere haben nur zu einer Befestigung und weiteren Ausbildung der Keimblätter-Theorie im Sinne von BAER und REMAK geführt. Als der wichtigste Fortschritt in dieser Beziehung ist hervorzuheben, dass neuerdings dieselben beiden primären Keimblätter, aus denen

sich der Leib aller Wirbelthiere (mit Inbegriff des Menschen) aufbaut, auch bei allen wirbellosen Thieren (mit einziger Ausnahme der niedersten Gruppe, der Urthiere oder Protozoen) nachgewiesen worden sind. Schon im Jahre 1849 hatte der ausgezeichnete englische Naturforscher HUXLEY dieselben bei den Pflanzenthieren (Medusen) entdeckt. Er hob hervor, dass die beiden Zellenschichten, aus welchen sich der Körper dieser Pflanzenthiere entwickelt, sowohl in morphologischer als in physiologischer Beziehung ganz den beiden ursprünglichen Keimblättern der Wirbelthiere entsprechen. Das äussere Keimblatt, aus welchem sich die äussere Haut und das Fleisch entwickelt, nannte er Ectoderm oder »Aussenblatt«; das innere Keimblatt, welches die Organe der Ernährung und Fortpflanzung bildet, Entoderm oder »Innenblatt«. In den letzten zehn Jahren sind dieselben beiden Keimblätter aber in noch viel weiterer Verbreitung unter den wirbellosen Thieren nachgewiesen worden. Namentlich hat sie der unermüdliche russische Zoologe KOWALEVSKY bei den verschiedensten Abtheilungen der Wirbellosen wiedergefunden, bei den Würmern, Sternthieren, Weichthieren, Gliederthieren u. s. w.

Ich selbst habe in meiner 1872 erschienenen Monographie der Kalkschwämme den Nachweis geführt, dass dieselben beiden primären Keimblätter auch dem Körper der Schwämme oder Spongien zu Grunde liegen, und dass dieselben durch alle verschiedenen Thierklassen hindurch, von den Schwämmen bis zum Menschen hinauf, als gleichwerthig oder homolog anzusehen sind. Diese Homologie der beiden primären Keimblätter, die von ausserordentlicher Bedeutung ist, erstreckt sich auf das ganze Thierreich, mit einziger Ausnahme der niedersten Hauptabtheilung, der Urthiere oder Protozoen. Diese niedrig organisirten Thiere bringen es überhaupt noch nicht zur Bildung von Keimblättern, und in Folge dessen auch nicht zur Ausbildung von wahren Geweben. Vielmehr besteht der ganze Körper der Urthiere entweder blos aus einer einzigen Zelle (wie bei den Amoeben und Infusorien), oder aus einem losen Aggregate von wenig differenzirten Zellen, oder er erreicht noch nicht einmal den Formwerth einer Zelle (wie bei den Moneren). Bei allen übrigen Thieren aber entstehen aus der Eizelle zunächst immer zwei primäre Keimblätter, das äussere, animale Keimblatt, Ectoderm oder Exoderm, und das innere, vegetative Keimblatt, das Entoderm; aus diesen erst entstehen die verschiedenen Gewebe und Organe. Das gilt ebenso von den Schwämmen und den übrigen Pflanzenthieren, wie von den Würmern; es gilt ebenso von den Weich-

thieren, Sternthieren und Gliederthieren, wie von den Wirbelthieren. Alle diese Thiere kann man unter der Bezeichnung Darmthiere oder Metazoen zusammenfassen, im Gegensatze zu den stets darmlosen Urthieren oder Protozoen.

Richtiger noch ist es vielleicht, diese letzteren überhaupt nicht zu den wahren Thieren zu rechnen, sondern in das neutrale Reich der Protisten zu stellen, jener niedersten Urwesen, die weder echte Thiere noch echte Pflanzen sind. Nach dieser Auffassung werden nur die Metazoen als wahre Thiere gelten und die Entstehung aus zwei primären Keimblättern den Grundcharakter des Thierreichs bilden.

Bei den niedersten Darmthieren besteht der Körper zeitlebens blos aus diesen zwei primären Keimblättern. Bei allen höheren Darmthieren aber zerfällt jedes derselben durch Spaltung abermals in zwei Blätter, und nun besteht der Leib aus vier secundären Keimblättern. Die allgemeine Homologie dieser letzteren bei allen verschiedenen Darmthieren und ihre Bedeutung für das natürliche System des Thierreichs habe ich 1873 in meiner Gastraea-Theorie nachzuweisen gesucht[24]).

Wenn nun auch durch die angeführten Fortschritte in der Ontogenie der Thiere die wichtigsten Erscheinungen bei der individuellen Entwickelung des menschlichen und des Thierkörpers in thatsächlicher Beziehung hinreichend festgestellt wurden, so blieb doch immer für die Ontogenie die grösste Aufgabe noch übrig, nämlich die Erkenntniss der Ursachen, welche die organische Entwickelung und Formenbildung bewirken. Auf die Erkenntniss dieser eigentlichen mechanischen Ursachen der individuellen Entwickelung wurden wir erst im Jahre 1859 durch das Erscheinen von DARWIN's Werk hingeführt, in welchem zum ersten Male die Thatsachen der Vererbung und Anpassung wissenschaftlich erörtert und in ihrer Beziehung zur Ontogenie richtig gedeutet wurden. Nur durch die Descendenztheorie sind wir im Stande, mit Hülfe der Vererbungs- und Anpassungs-Gesetze die Erscheinungen der individuellen Entwickelung wirklich zu begreifen und durch wirkende Ursachen zu erklären. Hierin liegt die Bedeutung der DARWIN'schen Theorie für die Entwickelungsgeschichte des Menschen und die unmittelbare Verknüpfung des ersten Theiles unserer Wissenschaft, der Keimesgeschichte oder Ontogenie, mit dem zweiten Theile, der Stammesgeschichte oder Phylogenie.

Vierter Vortrag.

Die ältere Stammesgeschichte.

Jean Lamarck.

»Es würde leicht sein, zu zeigen, dass die Organisations-Charaktere des Menschen, deren man sich bedient, um aus dem Menschengeschlecht und seinen Rassen eine besondere Familie zu bilden, alle das Product von alten Abänderungen in seinen Handlungen und von Gewohnheiten sind, welche er angenommen hat und welche den Individuen seiner Art eigenthümlich geworden sind. Indem die vollkommenste Rasse der Affen durch die Umstände gezwungen wurde, sich an den aufrechten Gang zu gewöhnen, gelangte sie zur Herrschaft über die anderen Thierrassen. In Folge dieser absoluten Herrschaft und ihrer neuen Bedürfnisse änderte sie ihre Lebensgewohnheiten und erwarb stufenweise Veränderungen ihrer Organisation und zahlreiche neue Eigenschaften; vor allen die bewunderungswürdige Fähigkeit zu sprechen.«

JEAN LAMARCK (1809).

Inhalt des vierten Vortrages.

Die Stammesgeschichte vor Darwin. Die Entstehung der Arten. Carl Linné stellt den Begriff der Art oder Species auf und schliesst sich an die biblische Schöpfungsgeschichte des Moses an. Die Sintfluth. Die Paläontologie. Die Katastrophen-Theorie von George Cuvier. Wiederholte Revolutionen des Erdballs und Neuschöpfungen. Lyell's Continuitäts-Theorie. Die natürlichen Ursachen der beständigen Umbildung der Erde. Uebernatürliche Entstehung der Organismen. Dualistische Naturphilosophie von Immanuel Kant. Monistische Naturphilosophie von Jean Lamarck. Seine Lebensverhältnisse. Seine »Philosophie zoologique«. Die erste wissenschaftliche Darstellung der Abstammungslehre. Umbildung der Organe durch Uebung und Gewohnheit, verbunden mit Vererbung. Anwendung der Theorie auf den Menschen. Die Abstammung des Menschen vom Affen. Wolfgang Goethe. Seine naturwissenschaftlichen Studien. Seine Morphologie. Seine Studien über Bildung und Umbildung organischer Naturen. Goethe's Theorie von dem Specificationstrieb (Vererbung) und der Metamorphose (Anpassung).

IV.

Meine Herren!

Die Untersuchungen über die individuelle Entwickelungsgeschichte des Menschen und der Thiere, deren Geschichte wir in den letzten beiden Vorträgen überblickt haben, verfolgten bis vor Kurzem fast ausschliesslich die Aufgabe, die Formveränderungen des entstehenden Organismus thatsächlich festzustellen. Hingegen hat man es bis vor fünfzehn Jahren nicht gewagt, die Frage nach den Ursachen dieser merkwürdigen Erscheinungen aufzuwerfen. In dem vollen Jahrhundert, vom Jahre 1759, wo WOLFF's grundlegende *Theoria generationis* erschien, bis zum Jahre 1859, wo DARWIN sein berühmtes Buch »über die Entstehung der Arten« veröffentlichte, blieben die Ursachen der Keimes-Entwickelung völlig verborgen. Während dieser hundert Jahre hat Niemand daran gedacht, ernstlich die wahren Ursachen der Formveränderungen, welche bei der Entwickelung jedes thierischen Organismus auftreten, in's Auge zu fassen. Vielmehr galt diese Aufgabe für so schwierig, dass sie die Kräfte der menschlichen Erkenntniss überhaupt zu übersteigen schien. Erst CHARLES DARWIN war es vorbehalten, uns mit einem Schlage in die Kenntniss dieser Ursachen einzuführen. In diesem Umstande liegt für uns die Veranlassung, diesen genialen Naturforscher, der überhaupt auf dem ganzen Gebiete der Biologie eine vollständige Umwälzung hervorgerufen hat, auch auf dem Gebiete der Ontogenie als den Begründer einer neuen Periode zu bezeichnen. Allerdings hat DARWIN selbst nicht eigentlich mit embryologischen Untersuchungen sich eingehend beschäftigt und auch in seinem berühmten Hauptwerke die Erscheinungen der individuellen Entwickelung nur beiläufig berührt; allein er hat durch seine Reform der Descendenztheorie und durch die Aufstellung der von ihm sogenannten Selectionstheorie uns die Mittel an die Hand gegeben, die Ursachen der Formenentwickelung zu verfolgen. Darin liegt nach meiner Auffassung vorzugsweise die ausserordentliche Bedeutung, welche dieser grosse Naturforscher für das gesammte Gebiet der Entwickelungsgeschichte besitzt.

Indem wir nun jetzt einen Blick auf diese letzte, eben erst begonnene Periode ontogenetischer Forschung werfen, treten wir damit zugleich in den zweiten Theil der organischen Entwickelungsgeschichte ein, in die Stammesgeschichte oder Phylogenie. Schon im ersten Vortrage habe ich auf den ausserordentlich wichtigen und innigen causalen Zusammenhang hingewiesen, welcher zwischen beiden Hauptzweigen der Entwickelungsgeschichte existirt, zwischen der Entwickelungsgeschichte des Individuums und derjenigen aller seiner Vorfahren. Wir haben diesen Zusammenhang in dem biogenetischen Grundgesetze ausgedrückt: die kurze Ontogenese oder die Entwickelung des Individuums ist eine schnelle und zusammengezogene Wiederholung, eine gedrängte Recapitulation der langen Phylogenese oder der Entwickelung der Art (Species). In diesem Satze liegt eigentlich alles Wesentliche eingeschlossen, was die Ursachen der Entwickelung betrifft, und diesen Satz werden wir im Verlaufe dieser Vorträge überall zu begründen, seine Wahrheit durch Anführung thatsächlicher Beweise überall zu stützen suchen. Mit Beziehung auf seine ursächliche oder causale Bedeutung können wir den Inhalt des biogenetischen Grundgesetzes vielleicht noch besser so ausdrücken: »Die Entwickelung der Arten (Species) oder Stämme (Phylen) enthält in den Functionen der Vererbung und Anpassung die bedingenden Ursachen, auf denen die Entwickelung der organischen Individuen beruht;« oder ganz kurz: »Die Phylogenesis ist die mechanische Ursache der Ontogenesis.«

Dass wir jetzt im Stande sind, diese früher für ganz unzugänglich gehaltenen Ursachen der individuellen Entwickelung zu verfolgen und in ihrem Wesen zu erkennen, das verdanken wir DARWIN, und deshalb bezeichnen wir mit seinem Namen eine neue Periode der Entwickelungsgeschichte. Bevor wir aber die grosse Erkenntnissthat betrachten, durch welche uns DARWIN den Weg zum Verständniss der Entwickelungs-Ursachen eröffnet hat, müssen wir einen flüchtigen Blick auf die Bestrebungen werfen, welche frühere Naturforscher auf dasselbe Ziel gerichtet hatten. Der historische Ueberblick über diese Bestrebungen wird noch viel kürzer ausfallen, als derjenige über die Arbeiten auf dem Gebiete der Ontogenie. Eigentlich sind nur sehr wenige Namen hier zu nennen. An der Spitze steht der grosse französische Naturforscher JEAN LAMARCK, welcher im Jahre 1809 zum ersten Male die sogenannte Descendenztheorie oder Abstammungslehre als wissenschaftliche Theorie begründete. Aber schon vorher hatte unser bedeutendster Philosoph, KANT, und unser grösster

Dichter, GOETHE[1], mit denselben Ideen sich getragen. Doch blieben ihre bezüglichen Vorstellungen im vorigen Jahrhundert fast unbemerkt. Erst die »Naturphilosophie,« im Anfange unseres Jahrhunderts, ging darauf ein. In der ganzen früheren Zeit hat man die Frage nach der Entstehung der Arten, in der die Stammesgeschichte eigentlich gipfelt, überhaupt niemals ernstlich aufzuwerfen gewagt.

Die ganze Phylogenie des Menschen sowohl als auch der übrigen Thiere hängt auf das Innigste mit der Frage von der Natur der Arten oder Species zusammen, mit dem Problem, wie die einzelnen Thierarten, die wir im Systeme als Species unterscheiden, entstanden sind. Der Begriff der Art oder Species tritt hierbei in den Vordergrund. Bekanntlich wurde dieser Begriff von LINNÉ aufgestellt, der 1735 in seinem berühmten »Systema naturae« zum ersten Male eine genaue Unterscheidung und Benennung der Thier- und Pflanzenarten versuchte und ein geordnetes Verzeichniss der damals bekannten Arten aufstellte. Seitdem blieb die »Species« in der »beschreibenden Naturgeschichte«, in der systematischen Zoologie und Botanik, der wichtigste Collectiv-Begriff, obgleich unaufhörliche Streitigkeiten über die eigentliche Bedeutung desselben geführt wurden. Was ist denn eigentlich diese »organische Art oder Species?« LINNÉ selbst machte sich darüber keine klaren wissenschaftlichen Vorstellungen. Vielmehr stützte er sich auf die mythologischen Anschauungen, welche der herrschende Kirchenglaube auf Grund der mosaischen Schöpfungsgeschichte darüber eingeführt hatte und welche bis heute in ziemlich allgemeiner Geltung geblieben sind. Ja er knüpfte sogar unmittelbar an die mosaische Schöpfungsgeschichte an, und wie es dort geschrieben steht, nahm er an, dass von jeder Thier- und Pflanzenart ursprünglich nur ein Paar geschaffen sei, wie es bei Moses heisst: »ein Männlein und ein Fräulein«; die sämmtlichen Individuen jeder Art seien die Nachkommen dieses zuerst am sechsten Schöpfungstage geschaffenen Urpaares. Für diejenigen Organismen, welche Zwitter oder Hermaphroditen sind, d. h. beiderlei Geschlechtsorgane in ihrem Körper vereinigt tragen, war es nach LINNÉ's Ansicht genügend, dass nur ein einziges Individuum geschaffen sei, da ein solches die Fähigkeit zur Fortpflanzung der Art bereits vollständig besessen habe. Bei der weiteren Ausbildung dieser mythologischen Vorstellungen schloss sich LINNÉ auch darin noch an Moses an, dass er die sogenannte »Sintfluth« und den damit zusammenhängenden Mythus von der Arche Noah für die Chorologie der Organismen, d. h. für die Lehre von der geographischen und topographischen Verbreitung der Thier- und Pflanzen-

Arten verwerthete. Mit Moses nahm er an, dass damals durch die Sintfluth alle Pflanzen, Thiere und Menschen zu Grunde gegangen seien: nur je ein Paar wäre für die Erhaltung der Arten gerettet, in der Arche Noah aufbewahrt und nach beendigter Sintfluth auf dem Berge Ararat an das Land gesetzt worden. Der Berg Ararat schien ihm für diese Landung deshalb besonders geeignet, weil er in einem warmen Klima sich bis über 16,000 Fuss Höhe erhebt, und also in seinen Höhenzonen die verschiedenen Klimate besitzt, die für die Erhaltung der verschiedenen Thierarten nothwendig waren. Die an ein kaltes Klima gewöhnten Thiere konnten auf die Höhe des Berges hinaufsteigen, die an ein warmes Klima gewöhnten an den Fuss hinabgehen und die Bewohner der gemässigten Zone auf der Mitte des Berges sich aufhalten: von hier aus konnte auf's Neue die Ausbreitung der verschiedenen Thier- und Pflanzenarten über die Erdoberfläche stattfinden.[25]

Von einer wissenschaftlichen Ausbildung der Schöpfungsgeschichte konnte zu LINNÉ's Zeit schon deshalb keine Rede sein, weil eine ihrer wichtigsten Grundlagen, die Petrefactenkunde oder **Paläontologie**, damals noch gar nicht existirte. Nun hängt aber gerade die Lehre von den Versteinerungen, von den übrig gebliebenen Resten der ausgestorbenen Thier- und Pflanzen-Arten, auf das Engste mit der ganzen Schöpfungsgeschichte zusammen. Die Frage, wie die heute lebenden Thier- und Pflanzen-Arten entstanden sind, ist ohne Rücksicht auf jene nicht zu lösen. Allein die Kenntniss dieser Versteinerungen fällt in viel spätere Zeit, und als den eigentlichen Begründer der wissenschaftlichen Paläontologie können wir erst GEORGE CUVIER nennen, den bedeutendsten Zoologen, der nächst LINNÉ das Thiersystem bearbeitete und im Beginne unseres Jahrhunderts eine vollständige Reform der systematischen Zoologie herbeiführte. Der Einfluss dieses berühmten Naturforschers, welcher vorzugsweise in den ersten drei Decennien unseres Jahrhunderts eine ausserordentlich fruchtbare Wirksamkeit entfaltete, war so gross, dass er fast in allen Theilen der wissenschaftlichen Zoologie, namentlich aber in der Systematik, in der vergleichenden Anatomie und in der Versteinerungskunde, neue Bahnen eröffnete. Es ist deshalb von Wichtigkeit, die Anschauungen in's Auge zu fassen, welche sich CUVIER vom Wesen der Art bildete. In dieser Beziehung schloss er sich an LINNÉ und die mosaische Schöpfungsgeschichte an, obgleich ihm der Anschluss durch seine Kenntniss der versteinerten Thierformen sehr erschwert wurde. Er zeigte zum ersten Male in klarer Weise, dass auf unserem

Erdballe eine Anzahl von ganz verschiedenen Bevölkerungen gelebt habe. Er zeigte ferner, dass wir mehrere (mindestens 10—15) verschiedene Hauptabschnitte in der Erdgeschichte unterscheiden müssen, deren jeder eine ganz eigenthümliche, nur ihm zukommende Bevölkerung von Thieren und Pflanzen aufzuweisen hat.

Natürlich musste sich Cuvier unmittelbar die Frage aufdrängen, woher diese verschiedenen Bevölkerungen gekommen seien, ob sie im Zusammenhange mit einander stünden oder nicht. Er beantwortete diese Frage verneinend, und behauptete, dass die verschiedenen Schöpfungen völlig unabhängig von einander seien, dass also der übernatürliche Schöpfungsact, durch welchen nach der herrschenden Schöpfungsgeschichte die Thier- und Pflanzen-Arten entstanden seien, mehrere Male stattgefunden haben müsse. Demnach musste eine Reihe von ganz verschiedenen Schöpfungsperioden auf einander gefolgt sein, und im Zusammenhange damit mussten wiederholt grossartige Umwälzungen der gesammten Erdoberfläche, Revolutionen und Kataklysmen, ähnlich der mythischen Sintfluth, stattgefunden haben. Diese Katastrophen und Umwälzungen beschäftigten Cuvier vielfach, um so mehr, als zu jener Zeit die Geologie ebenfalls sich mächtig zu rühren begann und grosse Fortschritte in der Erkenntniss vom Bau und der Entstehung des Erdkörpers gemacht wurden. Von anderer Seite, insbesondere durch den berühmten Geologen Werner und seine Schule, wurden die verschiedenen Schichten der Erdrinde genau untersucht, die Versteinerungen, welche in diesen Schichten eingeschlossen sind, systematisch bearbeitet, und auch diese Untersuchungen führten zu der Annahme verschiedener Schöpfungsperioden. In jeder Periode zeigte sich die anorganische Erdrinde, die aus verschiedenen Schichten zusammengesetzte Oberfläche der Erde, eben so verschieden beschaffen, wie die Bevölkerung von Thieren und Pflanzen, welche damals auf derselben lebte. Indem Cuvier diese Ansicht mit den Ergebnissen seiner paläontologischen und zoologischen Untersuchungen combinirte und über den ganzen Entwickelungsgang der Schöpfung klar zu werden suchte, gelangte er zu der Hypothese, welche man die Kataklysmen- oder Katastrophen-Theorie, die Lehre von den gewaltsamen Revolutionen des Erdballs zu nennen pflegt. Nach dieser Lehre haben auf unserer Erde wiederholt zu bestimmten Zeiten Umwälzungen stattgefunden, durch welche die ganze lebende Bevölkerung plötzlich vernichtet wurde, und am Ende jeder dieser Katastrophen hat eine totale Neuschöpfung der Organismen stattgefunden. Da wir letztere uns nicht auf natürlichem Wege er-

klären können, müssen wir dafür übernatürliche Eingriffe des Schöpfers in den natürlichen Gang der Dinge annehmen. Diese Revolutionslehre, welche CUVIER in einem besonderen, auch ins Deutsche übersetzten Werke behandelte, wurde bald allgemein anerkannt und blieb ein halbes Jahrhundert hindurch in der Biologie herrschend: ja sie wird selbst jetzt noch von einigen berühmten Naturforschern vertheidigt.

Allerdings wurde schon vor mehr als vierzig Jahren CUVIER's Katastrophenlehre von Seiten der Geologen gründlich widerlegt, und zwar zuerst durch den englischen Geologen CHARLES LYELL, den bedeutendsten Naturforscher, der dieses Gebiet beherrschte. Er führte in seinen bahnbrechenden »*Principles of geology*« schon im Jahre 1830 den Nachweis, dass jene Lehre völlig falsch sei, in soweit sie die Erdrinde selbst betreffe; dass man, um den Bau und die Entwickelung der Gebirge zu begreifen, keineswegs zu übernatürlichen Ursachen, oder zu allgemeinen Katastrophen seine Zuflucht nehmen müsse; vielmehr seien zur Erklärung dieser Erscheinungen die gewöhnlichen Ursachen ausreichend, welche noch jetzt in jeder Stunde an der Umbildung und Umarbeitung unserer Erdoberfläche thätig sind. Diese Ursachen sind die atmosphärischen Einflüsse, das Wasser in seinen verschiedenen Formen, als Schnee und Eis, Nebel und Regen, der fliessende Strom und die Brandung des Meeres; endlich die vulkanischen Erscheinungen, welche durch die heissflüssige innere Erdmasse bewirkt werden. In überzeugender Weise wurde von LYELL der Nachweis geführt, dass diese natürlichen Ursachen vollständig ausreichen, um alle Erscheinungen im Bau und in der Entwickelung der Erdrinde zu erklären. Daher wurde in kurzer Zeit auf dem Gebiete der Geologie die Lehre CUVIER's von den Umwälzungen und Neuschöpfungen ganz verlassen. Trotzdem blieb diese Theorie auf dem Gebiete der Biologie noch dreissig Jahre lang in unangefochtener Geltung. Die gesammten Zoologen und Botaniker, soweit sie sich überhaupt auf Gedanken über die Entstehung der Organismen einliessen, hielten fest an CUVIER's falscher Lehre von den wiederholten Neuschöpfungen und den damit verbundenen Revolutionen der Erdoberfläche. Das ist gewiss eines der merkwürdigsten Beispiele, wie zwei nahe verwandte Wissenschaften lange Zeit hindurch einen ganz verschiedenen Weg neben einander einschlagen; die eine, die Biologie, bleibt auf dem dualistischen Wege weit zurück und leugnet überhaupt die Möglichkeit, die »Schöpfungsfragen« durch natürliche Erkenntniss zu lösen: die andere, die Geologie, ist daneben auf dem

monistischen Wege schon weit vorgeschritten, und hat dieselben Fragen durch Erkenntniss der wahren Ursachen gelöst.

Um zu begreifen, welche völlige Resignation während des Zeitraums von 1830—1859 mit Bezug auf die Entstehung der Organismen, auf die Schöpfung der Thier- und Pflanzenarten in der Biologie herrschte, führe ich Ihnen aus meiner eigenen Erfahrung die Thatsache an, dass ich während meiner ganzen Universitäts-Studien niemals ein Wort über diese wichtigste Grundfrage der Biologie gehört habe. Ich hatte während dieser Zeit (1852—1857) das Glück, die ausgezeichnetsten Lehrer auf allen Gebieten der organischen Naturwissenschaft zu hören; keiner derselben hat je von dieser Grundfrage gesprochen; keiner von ihnen hat die Frage von der Entstehung der Arten auch nur einmal berührt. Niemals wurden die früher gemachten Versuche, die Entstehung der Thier- und Pflanzenarten zu begreifen, auch nur mit einem Worte hervorgehoben: niemals wurde die höchst bedeutende »*Philosophie zoologique*« von LAMARCK, die diesen Versuch schon im Jahre 1809 unternahm, überhaupt der Erwähnung für werth gehalten. Sie werden daher den colossalen Widerstand begreifen, den DARWIN fand, als er zum ersten Male diese Frage wieder in Angriff nahm. Sein Versuch schien zunächst völlig in der Luft zu schweben und auf gar keine früheren Vorarbeiten sich zu stützen. Das ganze Problem der Schöpfung, die ganze Frage nach der Entstehung der Organismen, galt in der Biologie noch bis zum Jahre 1859 für supranaturalistisch und transscendental; ja selbst auf dem Gebiete der speculativen Philosophie, wo man doch von verschiedenen Seiten auf diese Frage hingedrängt wurde, hatte Niemand gewagt, ernstlich dieselbe in Angriff zu nehmen.

Dieser letzte Umstand ist wohl hauptsächlich durch den dualistischen Standpunkt IMMANUEL KANT'S und durch die ausserordentliche Bedeutung zu erklären, welche dieser einflussreichste unter den neueren Philosophen während unseres Jahrhunderts behauptet hat. Während nämlich dieser grosse Genius, gleich bedeutend als Naturforscher wie als Philosoph, auf dem Gebiete der anorganischen Natur sehr wesentlich an einer »natürlichen Schöpfungsgeschichte« arbeitete, vertrat er in Bezug auf die Entstehung der Organismen meistens den supranaturalistischen Standpunkt. Einerseits machte KANT in seiner »allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels« den glücklichsten und bedeutendsten »Versuch, die Verfassung und den mechanischen Ursprung des ganzen Weltgebäudes

nach NEWTON'schen Grundsätzen abzuhandeln«, d. h. mit anderen Worten, mechanisch zu begreifen, monistisch zu erkennen: und dieser Versuch, durch natürliche wirkende Ursachen (*causae efficientes*) den Ursprung der ganzen Welt zu erklären, bildet noch heute die Basis unserer ganzen natürlichen Kosmogenie. Anderseits aber behauptete KANT, dass das hier angewendete »Princip des Mechanismus der Natur, ohne das es ohnedies keine Naturwissenschaft geben kann«, für die Erklärung der organischen Naturerscheinungen, und namentlich der Entstehung der Organismen, durchaus nicht hinreichend sei: dass man für die Entstehung dieser zweckmässig eingerichteten Naturkörper vielmehr übernatürliche zweckthätige Ursachen (*causae finales*) annehmen müsse. Ja, er behauptet sogar: »Es ist ganz gewiss, dass wir die organisirten Wesen und deren innere Möglichkeit nach bloss mechanischen Principien der Natur nicht einmal zureichend kennen lernen, viel weniger uns erklären können, und zwar so gewiss, dass man dreist sagen kann: Es ist für Menschen ungereimt, auch nur einen solchen Anschlag zu fassen, oder zu hoffen, dass noch etwa dereinst ein NEWTON aufstehen könne, der auch nur die Erzeugung eines Grashalmes nach Naturgesetzen, die keine Absicht geordnet hat, begreiflich machen werde: sondern man muss diese Einsicht dem Menschen schlechterdings absprechen«. Damit hat KANT ganz entschieden den dualistischen und teleologischen Standpunkt bezeichnet, den er in der organischen Naturwissenschaft beibehielt.

Allerdings hat KANT diesen Standpunkt bisweilen verlassen, und namentlich an einigen sehr merkwürdigen Stellen, die ich in meiner »Natürlichen Schöpfungsgeschichte« im fünften Vortrage ausführlich besprochen habe, sich in ganz entgegengesetztem, monistischem Sinne ausgesprochen. Ja, man könnte ihn auf Grund dieser Stellen, wie ich dort hervorhob, sogar geradezu als einen Anhänger der Descendenz-Theorie bezeichnen. Mehrere, sehr bedeutungsvolle Aeusserungen, welche erst kürzlich FRITZ SCHULTZE in seiner interessanten Schrift: »KANT und DARWIN«[26] wieder an das Licht gezogen hat, berechtigen uns wirklich dazu, KANT als den ersten Propheten des Darwinismus zu betrachten. Er spricht bereits mit voller Klarheit den grossen Gedanken einer allumfassenden einheitlichen Entwickelung aus: er nimmt eine »Abartung von dem Urbilde der Stammgattung durch natürliche Wanderungen« an. Ja, KANT behauptet sogar, dass »die ursprüngliche Gangart des Menschen die vierfüssige gewesen ist, dass die zweifüssige sich erst allmählich entwickelt und dass der Mensch

erst allmählich sein Haupt über seine alten Kameraden, die Thiere, so stolz erhoben hat«. Allein diese klaren monistischen Aeusserungen sind doch, im Ganzen genommen, nur einzelne Lichtblicke, und für gewöhnlich hielt KANT in der Biologie an jenen dunkeln dualistischen Vorstellungen fest, wonach in der organischen Natur ganz andere Kräfte walten, als in der anorganischen. Diese dualistische oder zwiespältige Naturauffassung ist auch noch heute in der Philosophie der Schule vorherrschend, und noch heute betrachten die meisten Philosophen diese beiden Erscheinungsgebiete als ganz verschieden: einerseits das anorganische Naturgebiet, die sogenannte »leblose« Natur, wo nur mechanische Gesetze (*causae efficientes*) mit Nothwendigkeit, ohne bewussten Zweck, wirken sollen; anderseits das Gebiet der belebten organischen Natur, wo alle Erscheinungen in ihrem tiefsten Wesen und ersten Entstehen nur begreiflich werden sollen durch Annahme vorbedachter Zwecke oder sogenannter zweckthätiger Ursachen (*causae finales*).

Trotzdem nun unter der Herrschaft dieser falschen dualistischen Vorurtheile bis zum Jahre 1859 die Frage nach der Entstehung der Thier- und Pflanzenarten und die damit zusammenhängende Frage nach der »Schöpfung des Menschen« in den weitesten Kreisen überhaupt nicht als Gegenstand wissenschaftlicher Erkenntniss zugelassen wurde, so begannen doch schon im Anfange unseres Jahrhunderts einzelne sehr bedeutende Geister unbeirrt durch die herrschenden Dogmen, jene Fragen ganz ernstlich in Angriff zu nehmen. Insbesondere gebührt dieses Verdienst der sogenannten »Schule der älteren Naturphilosophie«, welche so vielfach verläumdet worden ist, und welche in Frankreich vorzugsweise durch JEAN LAMARCK, BUFFON, GEOFFROY ST. HILAIRE und DUCROTAY BLAINVILLE, in Deutschland durch WOLFGANG GOETHE, REINHOLD TREVIRANUS, SCHELLING und LORENZ OKEN vertreten war.

Derjenige geistvolle Naturphilosoph, den wir hierbei in erster Linie hervorzuheben haben, ist JEAN LAMARCK. Derselbe ist am 1. August 1744 zu Bazentin in der Picardie geboren, der Sohn eines Pfarrers, der ihn für den theologischen Beruf bestimmte. Er wandte sich jedoch zunächst dem ruhmverheissenden Kriegerstande zu, zeichnete sich als sechzehnjähriger Knabe in dem für die Franzosen unglücklichen Gefecht bei Lippstadt in Westfalen durch Tapferkeit aus und lag dann einige Jahre in Garnison im südlichen Frankreich. Hier lernte er die interessante Flora der Mittelmeerküste kennen und wurde durch sie bald ganz für das Studium der Botanik gewonnen.

Er gab seine Officierstelle auf und veröffentlichte schon im Jahre 1778 seine grundlegende *Flore française*. Jahre hindurch konnte er keine wissenschaftliche Stellung erlangen. Erst in seinem fünfzigsten Lebensjahre (1794) erhielt er eine dürftige Professur für Zoologie am Museum des Pariser Pflanzengartens. Hierdurch wurde er tiefer in die Zoologie hineingeführt, in deren Systematik er bald ebenso werthvolle und bedeutende Arbeiten lieferte, wie vordem in der systematischen Botanik. 1802 veröffentlichte er seine »*Considérations sur les corps vivants*«, in denen die ersten Keime seiner Descendenz-Theorie liegen. 1809 erschien die höchst bedeutende »*Philosophie zoologique*«, das Hauptwerk, in welchem er diese Theorie ausführte. 1815 publicirte er die umfangreiche Naturgeschichte der wirbellosen Thiere (*Histoire naturelle des animaux sans vertebres*), in deren Einleitung dieselbe ebenfalls entwickelt ist. Um diese Zeit erblindete LAMARCK vollständig. Das neidische Schicksal war ihm niemals hold. Während sein glücklicher Hauptgegner, CUVIER, in Paris die höchsten Stufen wissenschaftlichen Ruhmes und einflussreicher Stellung erklomm, musste der grosse LAMARCK, der ihm an klarer und grossartiger Naturauffassung weit überlegen war, in einsamer Abgeschiedenheit mit der bittern Noth des Lebens kämpfen und konnte keine Anerkennung erringen. Er beschloss 1829 sein arbeitsreiches Leben unter den dürftigsten äusseren Verhältnissen [28].

LAMARCK's *Philosophie zoologique* war der erste wissenschaftliche Entwurf einer wahren Entwickelungsgeschichte der Arten, einer »natürlichen Schöpfungsgeschichte« der Pflanzen, der Thiere und des Menschen. Die Wirkung dieses merkwürdigen und höchst bedeutenden Buches war aber gleich der des grundlegenden WOLFF'schen Werkes, nämlich gleich Null: beide fanden kein Verständniss und keine Anerkennung bei den befangenen Zeitgenossen. Kein Naturforscher fühlte sich damals veranlasst, sich ernstlich um dieses Buch zu bekümmern und die darin niedergelegten Keime der wichtigsten biologischen Fortschritte weiter zu entwickeln. Die bedeutendsten Botaniker und Zoologen verwarfen dasselbe ganz und hielten es keiner Widerlegung für bedürftig. CUVIER, der gleichzeitig mit LAMARCK in Paris lehrte und arbeitete, hat es nicht der Mühe werth gefunden, in seinem Berichte über die Fortschritte der Naturwissenschaften, in dem die geringfügigsten Beobachtungen Platz fanden, diesen grössten »Fortschritt« auch nur mit einer Sylbe zu erwähnen. Kurz LAMARCK's zoologische Philosophie theilte das Schicksal von WOLFF's Entwickelungs-Theorie und wurde ein halbes Jahrhundert hindurch allge-

mein ignorirt und todtgeschwiegen. Sogar die deutschen Naturphilosophen, namentlich OKEN und GOETHE, die gleichzeitig mit ähnlichen Speculationen sich trugen, scheinen LAMARCK's Werk nicht gekannt zu haben. Wären sie damit bekannt gewesen, so würden sie durch dasselbe wesentlich gefördert worden sein, und hätten wohl schon damals die Entwickelungstheorie viel weiter ausgebaut, als es ihnen möglich geworden ist.

Um Ihnen eine Vorstellung von der hohen Bedeutung der *Philosophie zoologique* zu geben, will ich nur einige der wichtigsten von LAMARCK's Ideen hier kurz andeuten. Es giebt nach seiner Auffassung keinen wesentlichen Unterschied zwischen lebendiger und lebloser Natur; die ganze Natur ist eine einzige zusammenhängende Erscheinungswelt, und dieselben Ursachen, welche die leblosen Naturkörper bilden und umbilden, dieselben Ursachen sind allein auch in der lebendigen Natur wirksam. Demgemäss haben wir auch dieselbe Forschungs- und Erklärungsmethode für die eine wie für die andere anzuwenden. Das Leben ist nur ein physikalisches Phänomen. Alle Organismen, die Pflanzen, die Thiere und an ihrer Spitze der Mensch, sind in ihren inneren und äusseren Formverhältnissen ganz ebenso wie die Mineralien und alle leblosen Naturkörper nur durch mechanische Ursachen (*causae efficientes*), ohne zweckthätige Ursachen (*causae finales*) zu erklären. Dasselbe gilt von der Entstehung der verschiedenen Arten. Für diese können wir naturgemäss keinen ursprünglichen Schöpfungsakt, ebenso wenig wiederholte Neuschöpfungen (wie bei CUVIER's Katastrophen-Lehre), sondern nur natürliche, ununterbrochene und nothwendige Entwickelung annehmen. Der ganze Entwickelungsgang der Erde und ihrer Bewohner ist continuirlich, zusammenhängend. Alle verschiedenen Thier- und Pflanzenarten, die wir jetzt vorfinden, und die jemals gelebt haben, alle haben sich auf natürlichem Wege aus früher dagewesenen und davon verschiedenen Arten hervorgebildet; alle stammen von einer einzigen oder von wenigen gemeinsamen Stammformen ab. Diese ältesten Stammformen können nur ganz einfache und niedrigste Organismen gewesen sein, durch Urzeugung aus der anorganischen Materie entstanden. Die Arten oder Species der Organismen sind beständig durch Anpassung an die wechselnden äusseren Lebensverhältnisse (namentlich durch Uebung und Gewohnheit) umgeändert worden und haben ihre Umbildung durch Vererbung auf die Nachkommen übertragen.

Das sind die Grundzüge der Theorie LAMARCK's, die wir heute Abstammungslehre oder Umbildungslehre nennen, und die DARWIN

erst 50 Jahre später zur Anerkennung gebracht und durch neue Beweisgründe fest gestützt hat. LAMARCK ist also der eigentliche Begründer dieser Descendenz-Theorie oder Transmutations-Theorie, und es ist nicht richtig, wenn heutzutage häufig DARWIN als der erste Urheber derselben genannt wird. LAMARCK war der erste, welcher die natürliche Entstehung aller Organismen, mit Inbegriff des Menschen, als wissenschaftliche Theorie formulirte, und zugleich die beiden extremsten Consequenzen dieser Theorie zog: nämlich erstens die Lehre von der Entstehung der ältesten Organismen durch Urzeugung, und zweitens die Abstammung des Menschen von den menschenähnlichsten Säugethieren, den Affen.

Diesen letzteren wichtigen Vorgang, der uns hier vorzugsweise interessirt, suchte LAMARCK durch dieselben bewirkenden Ursachen zu erklären, welche er auch für die natürliche Entstehung der Thier- und Pflanzenarten in Anspruch nahm. Als die wichtigsten dieser Ursachen betrachtet er die Uebung und Gewohnheit (Anpassung) einerseits, die Vererbung anderseits. Die bedeutendsten Umbildungen in den Organen der Thiere und Pflanzen sind nach ihm durch die Function, durch die Thätigkeit dieser Organe selbst entstanden, durch die Uebung oder Nichtübung, durch den Gebrauch oder Nichtgebrauch derselben. Um ein paar Beispiele anzuführen, so haben der Specht und der Colibri ihre eigenthümliche lange Zunge durch die Gewohnheit erhalten, ihre Nahrung mittelst der Zunge aus engen tiefen Spalten oder Canälen herauszuholen; der Frosch hat die Schwimmhäute zwischen seinen Zehen durch die Schwimmbewegungen selbst erworben: die Giraffe hat ihren langen Hals durch das Hinaufstrecken desselben nach den Zweigen der Bäume erhalten u. s. w. Allerdings sind die Gewohnheit, der Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe als bewirkende Ursachen der organischen Formbildung von höchster Wichtigkeit: allein sie reichen doch für sich allein nicht aus, um die Umbildung der Arten zu erklären. Als zweite nicht minder wichtige Ursache muss vielmehr mit dieser Anpassung die Vererbung zusammenwirken, wie das auch LAMARCK ganz richtig erkannte. Er behauptete nämlich, dass an sich zwar die Veränderung der Organe durch Uebung oder Gebrauch bei jedem einzelnen Individuum zunächst nur sehr unbedeutend sei, dass sie aber durch Häufung oder Cumulation der Einzelwirkungen sehr bedeutend werde, indem sie sich von Generation zu Generation vererbe und so summire. Das war ein vollkommen richtiger Grundgedanke. Allein es fehlte LAMARCK noch vollständig das Princip, welches DARWIN erst später als den wichtig-

sten Factor in die Umbildungstheorie einführte, nämlich das Princip der natürlichen Züchtung im Kampfe um's Dasein. Theils der Umstand, dass LAMARCK nicht zur Entdeckung dieses ausserordentlich wichtigen Causalverhältnisses gelangte, theils der niedrige Zustand aller biologischen Wissenschaften zu jener Zeit verhinderten ihn, seine Theorie von der gemeinsamen Abstammung der Thiere und des Menschen fester zu begründen.

Auch die Entstehung des Menschen aus dem Affen suchte LAMARCK vor Allem durch Fortschritte in den Lebensgewohnheiten der Affen zu erklären: durch fortschreitende Entwickelung und Uebung ihrer Organe, und Vererbung der so erworbenen Vervollkommnungen auf die Nachkommen. Unter diesen Vervollkommnungen betrachtet LAMARCK als die wichtigsten den aufrechten Gang des Menschen, die verschiedene Gestaltung der Hände und Füsse, die Ausbildung der Sprache und die damit verbundene höhere Entwickelung des Gehirns. Er nahm an, dass die menschenähnlichsten Affen, welche die Stammeltern des Menschengeschlechtes wurden, den ersten Schritt zur Menschenwerdung dadurch gethan hätten, dass sie die kletternde Lebensweise auf Bäumen aufgaben und sich an den aufrechten Gang gewöhnten. In Folge dessen trat die dem Menschen eigenthümliche Haltung und Umbildung der Wirbelsäule und des Beckens, sowie die Differenzirung der beiden Gliedmaassen-Paare ein: das vordere Paar entwickelte sich zu Händen, die bloss zum Greifen und Tasten dienten; das hintere Paar wurde nur noch zum Gehen gebraucht und bildete sich dadurch zum reinen Fusse aus.

In Folge dieser ganz veränderten Lebensweise und in Folge der Correlation oder Wechselbeziehung der verschiedenen Körpertheile und ihrer Functionen traten nun aber auch bedeutende Veränderungen in anderen Organen und in deren Functionen ein. So wurde namentlich in Folge der veränderten Nahrung der Kiefer-Apparat und das Gebiss, sowie im Zusammenhang damit die ganze Gesichtsbildung verändert. Der Schwanz, der nicht mehr gebraucht wurde, ging allmählich verloren. Da aber diese Affen in Gesellschaften beisammen lebten und geordnete Familienverhältnisse besassen (wie es noch jetzt bei den höheren Affen der Fall ist), so wurden vor allen diese geselligen Gewohnheiten oder die sogenannten »socialen Instincte« höher entwickelt. Die blosse Lautsprache der Affen wurde zur Wortsprache des Menschen; aus den concreten Eindrücken wurden die abstracten Begriffe gesammelt. Stufe für Stufe entwickelte sich so das Gehirn in Correlation zum Kehlkopf, das Organ der Seelenthätigkeit

in Wechselwirkung zum Organ der Sprache. In diesen höchst wichtigen Ideen LAMARCK's liegen bereits die ersten und ältesten Keime zu einer wahren Stammesgeschichte des Menschen.

Unabhängig von LAMARCK beschäftigte sich gegen Ende des vorigen und im Beginne dieses Jahrhunderts mit dem Schöpfungs-Problem ein Genius ersten Ranges, dessen Gedanken darüber uns ganz besonders interessiren müssen. Das ist Niemand anders, als unser grösster Dichter, WOLFGANG GOETHE. Bekanntlich wurde GOETHE durch sein offenes Auge für alle Schönheiten der Natur und durch sein tiefes Verständniss ihres Wirkens schon frühzeitig zu den verschiedensten naturwissenschaftlichen Studien angeregt. Sie blieben sein ganzes Leben hindurch die Lieblingsbeschäftigung seiner Mussestunden. Insbesondere hat ihn die Farbenlehre zu der bekannten umfangreichen Arbeit veranlasst. Die werthvollsten und bedeutendsten von GOETHE's Naturstudien sind aber diejenigen, welche sich auf die organischen Naturkörper, auf »das Lebendige, dieses herrliche, köstliche Ding« beziehen. Ganz besonders tiefe Forschungen stellte er hier im Gebiete der Formenlehre, der Morphologie an. Hier erzielte er mit Hülfe der vergleichenden Anatomie viele glänzende Resultate und eilte seiner Zeit weit voraus. Die Wirbeltheorie des Schädels, die Entdeckung des Zwischenkiefers beim Menschen, die Lehre von der Metamorphose der Pflanzen u. s. w. sind hier besonders hervorzuheben[29]. Diese morphologischen Studien führten nun GOETHE zu Untersuchungen über »Bildung und Umbildung organischer Naturen«, die wir zu den ältesten und tiefsten Keimen der Stammesgeschichte rechnen müssen. Er kommt dabei der Descendenz-Theorie so nahe, dass wir ihn nächst LAMARCK zu den ältesten Begründern derselben zählen können. Allerdings hat GOETHE niemals eine zusammenhängende wissenschaftliche Darstellung seiner Entwickelungs-Theorie gegeben: aber wenn Sie seine geistvollen vermischten Aufsätze »zur Morphologie« lesen, so finden Sie darin eine Menge der trefflichsten Ideen versteckt. Einige derselben sind geradezu als Anfänge der Abstammungslehre zu bezeichnen. Als Belege will ich hier nur ein paar der merkwürdigsten Sätze anführen: »Dies also hätten wir gewonnen, ungescheut behaupten zu dürfen, dass alle vollkommneren organischen Naturen, worunter wir Fische, Amphibien, Vögel, Säugethiere und an der Spitze der letzten den Menschen sehen, alle nach einem Urbilde geformt seien, das nur in seinen sehr beständigen Theilen mehr oder weniger hin- und herweicht, und sich noch täglich durch Fortpflanzung aus- und umbildet« (1796). Das

»Urbild« der Wirbelthiere, nach dem auch der Mensch geformt ist, entspricht unserer »gemeinsamen Stammform des Vertebraten-Stammes«, aus welcher alle verschiedenen Arten der Wirbelthiere durch »tägliche Ausbildung, Umbildung und Fortpflanzung« entstanden sind. An einer anderen Stelle sagt GOETHE (1807): »Wenn man Pflanzen und Thiere in ihrem unvollkommensten Zustande betrachtet, so sind sie kaum zu unterscheiden. So viel aber können wir sagen, dass die aus einer kaum zu sondernden Verwandtschaft als Pflanzen und Thiere nach und nach hervortretenden Geschöpfe nach zwei entgegengesetzten Seiten sich vervollkommnen, so dass die Pflanze sich zuletzt im Baume dauernd und starr, das Thier im Menschen zur höchsten Beweglichkeit und Freiheit sich verherrlicht.«

Dass GOETHE in diesen und anderen Aussprüchen den inneren verwandtschaftlichen Zusammenhang der organischen Formen nicht bloss bildlich, sondern im genealogischen Sinne auffasst, geht noch deutlicher aus einzelnen merkwürdigen Stellen hervor, in denen er sich über die Ursachen der äusseren Arten-Mannigfaltigkeit einerseits, der inneren Einheit des Baues anderseits äussert. Er nimmt an, dass jeder Organismus durch das Zusammenwirken zweier entgegengesetzter Gestaltungskräfte oder Bildungstriebe entstanden ist: Der innere Bildungstrieb, die »Centripetalkraft«, der Typus oder der »Specificationstrieb« sucht die organischen Species-Formen in der Reihe der Generationen beständig gleich zu erhalten: das ist die Vererbung. Der äussere Bildungstrieb hingegen, die »Centrifugalkraft«, die Variation oder der »Metamorphosen-Trieb« wirkt durch die beständige Veränderung der äusseren Existenz-Bedingungen fortwährend umbildend auf die Arten ein: das ist die Anpassung. Mit dieser bedeutungsvollen Anschauung trat GOETHE bereits nahe an die Erkenntniss der beiden grossen mechanischen Factoren heran, die wir als die wichtigsten bewirkenden Ursachen der Species-Bildung in Anspruch nehmen, der Vererbung und Anpassung. So sagt er z. B.: »Eine innere ursprüngliche Gemeinschaft (das ist die Vererbung) liegt aller Organisation zu Grunde; die Verschiedenheit der Gestalten dagegen entspringt aus den nothwendigen Beziehungsverhältnissen zur Aussenwelt, und man darf daher eine ursprüngliche, gleichzeitige Verschiedenheit und eine unaufhaltsam fortschreitende Umbildung (d. h. die Anpassung) mit Recht annehmen, um die ebenso constanten als abweichenden Erscheinungen begreifen zu können.«

Allerdings muss man, um GOETHE's morphologische Ansichten richtig zu würdigen, den ganzen eigenthümlichen Gang seiner moni-

stischen Naturforschung und seiner pantheistischen Weltanschauung im Zusammenhang erfassen. Sehr bezeichnend dafür ist insbesondere das lebendige, warme Interesse, mit welchem er noch bis zu seinen letzten Lebenstagen die gleichgerichteten Bestrebungen der französischen Naturphilosophen und namentlich den Kampf zwischen CUVIER und GEOFFROY St. HILAIRE verfolgte (vergl. den IV. Vortrag in meiner »Natürlichen Schöpfungsgeschichte«, S. 77—80). Auch muss man einigermaassen mit GOETHE's Sprache und Gedankengang vertraut sein, um die mannigfachen, auf die Abstammungslehre bezüglichen, oft gelegentlich hingeworfenen Aeusserungen richtig zu verstehen. Wer unsern grossen Dichter und Denker überhaupt nicht kennt, wird auch aus letzteren gelegentlich das Gegentheil herauslesen.

Zum Belege dazu führe ich hier als erheiterndes Curiosum noch an, dass in neuester Zeit zwei deutsche Zoologen von ganz untergeordneter Bedeutung in GOETHE einen höchst bornirten Naturforscher und einen »wissentlichen Anhänger der Lehre von der Artconstanz« entdeckt haben. CARL SEMPER, der geniale Erfinder des »Haeckelismus in der Zoologie«, und ROBBY KOSSMANN, der sinnreiche »Löser des Rhizocephalen-Problems«, haben aus GOETHE's morphologischen Schriften herausgelesen, dass dieses dürftige Frankfurter Ingenium weder eine richtige Vorstellung von der Bedeutung der organischen Gestalten überhaupt, noch eine Ahnung von ihrer natürlichen Entwickelung und ihrem verwandtschaftlichen Zusammenhang gehabt habe. Wenn man nun die flachen und beschränkten literarischen Producte von SEMPER und KOSSMANN selbst kennt, so kann man sich angesichts ihres Vernichtungs-Urtheils über GOETHE's Naturanschauung einer heiteren Stimmung nicht erwehren.

Uns Anderen aber bleibt es wohl unbenommen, trotz des Widerspruches jener grossen Thiergelehrten, in GOETHE einen wahren Propheten der Stammesgeschichte zu bewundern. Aus den zahlreichen Sätzen, die ich in meiner generellen Morphologie als Leitworte über die einzelnen Capitel gesetzt habe, geht klar hervor, wie tief GOETHE den inneren genetischen Zusammenhang der mannigfaltigen organischen Formen erfasste. Er näherte sich damit schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts den Principien der natürlichen Stammesgeschichte so sehr, dass er als einer der ersten Vorläufer DARWIN's aufgefasst werden kann, wenngleich er nicht dazu gelangte, die Descendenz-Theorie nach Art von LAMARCK in ein wissenschaftliches System zu bringen.

Fünfter Vortrag.

Die neuere Stammesgeschichte.

Charles Darwin.

»Betrachtet man die embryologische Bildung des Menschen, die Homologien, welche er mit den niederen Thieren darbietet, die Rudimente, welche er behalten hat, und die Fälle von Rückschlag, denen er ausgesetzt ist, so können wir uns theilweise in unserer Phantasie den früheren Zustand unserer ehemaligen Urerzeuger construiren, und können dieselben annäherungsweise in der zoologischen Reihe an ihren gehörigen Platz bringen. Wir lernen daraus, dass der Mensch von einem behaarten Vierfüsser abstammt, welcher mit einem Schwanze und zugespitzten Ohren versehen, wahrscheinlich in seiner Lebensweise ein Baumthier und ein Bewohner der alten Welt war. Dieses Wesen würde, wenn sein ganzer Bau von einem Zoologen untersucht worden wäre, unter die Affen classificirt worden sein, so sicher, als es der gemeinsame und noch ältere Urerzeuger der Affen der alten und neuen Welt worden wäre.«

Charles Darwin (1871).

Inhalt des fünften Vortrages.

Verhältniss der neueren zur älteren Stammesgeschichte. Charles Darwin's Werk von der Entstehung der Arten. Ursachen seines ausserordentlichen Erfolges. Die Selections-Theorie oder Züchtungslehre: die Wechselwirkung der Vererbung und Anpassung im Kampfe um's Dasein. Darwin's Lebensverhältnisse. Seine Weltumsegelung. Sein Grossvater Erasmus. Sein Studium der Hausthiere und Culturpflanzen. Vergleich der künstlichen mit der natürlichen Züchtung. Der Kampf um's Dasein. Nothwendige Anwendung der Descendenz-Theorie auf den Menschen. Die »Abstammung des Menschen vom Affen«. Thomas Huxley. Carl Vogt. Friedrich Rolle. Die Stammbäume in der generellen Morphologie und der natürlichen Schöpfungsgeschichte. Die genealogische Alternative. Die Abstammung des Menschen vom Affen als Deductions-Gesetz aus der Descendenz-Theorie abgeleitet. Die Descendenz-Theorie als grösstes biologisches Inductions-Gesetz. Grundlagen dieser Induction. Die Paläontologie. Die vergleichende Anatomie. Die Lehre von den rudimentären Organen (Unzweckmässigkeitslehre oder Dysteleologie). Stammbaum des natürlichen Systems. Chorologie. Oekologie. Ontogenie. Widerlegung des Species-Dogma. Der analytische Beweis für die Descendenz-Theorie in der Monographie der Kalkschwämme.

V.

Meine Herren!

In dem kurzen Zeitraume von siebzehn Jahren, welcher seit dem Erscheinen des berühmten Werkes von CHARLES DARWIN »Ueber den Ursprung der Arten im Thier- und Pflanzenreiche« verflossen ist, hat die Entwickelungsgeschichte solche Fortschritte gemacht, dass wir in der ganzen Geschichte der Naturwissenschaften kaum einen ähnlichen weitgreifenden Fortschritt verzeichnen können. Die Literatur des Darwinismus wächst von Tag zu Tage, und nicht allein in der Zoologie und Botanik, im Gebiete der Fachwissenschaften, die zunächst durch die DARWIN'sche Theorie berührt und reformirt sind, sondern weit darüber hinaus, in viel grösseren Kreisen, wird dieselbe mit einem Eifer und Interesse behandelt, wie es noch bei keiner wissenschaftlichen Theorie der Fall gewesen ist. Dieser ausserordentliche Erfolg erklärt sich vorzüglich aus zwei verschiedenen Umständen. Erstens sind alle einzelnen Naturwissenschaften, und vor allen die Biologie, in dem letzten halben Jahrhundert ungemein rasch fortgeschritten, und haben für die natürliche Entwickelungs-Theorie eine Masse von neuen empirischen Beweisgründen geliefert. Je weniger LAMARCK und die älteren Naturphilosophen mit ihrem ersten Versuche, die Entstehung der Organismen und des Menschen zu erklären, Anerkennung fanden, desto durchschlagender war das Resultat des zweiten Versuchs von DARWIN, der sich auf viel grössere Massen von sicher erkannten Thatsachen stützen konnte. Jene Fortschritte benutzend, konnte er mit ganz anderen wissenschaftlichen Beweismitteln operiren, als es LAMARCK und GEOFFROY, GOETHE und TREVIRANUS möglich gewesen war. Zweitens aber müssen wir hervorheben, dass DARWIN seinerseits das besondere Verdienst besitzt, die ganze Frage von einer völligen neuen Seite in Angriff genommen und zur Erklärung der Abstammungslehre eine selbstständige Theorie ausgedacht zu haben, die wir im eigentlichen Sinne die DARWIN'sche Theorie oder den Darwinismus nennen.

Während LAMARCK die Umbildung der Organismen, welche von gemeinsamen Stammformen abstammen, grösstentheils durch die Wirkung der Gewohnheit, der Uebung der Organe, anderseits allerdings auch durch Zuhülfenahme der Vererbungs-Erscheinungen erklärte. entwickelte DARWIN selbstständig auf einer ganz neuen Basis die wahren Ursachen, welche eigentlich die Umbildung der verschiedenen Thier- und Pflanzen-Formen mit Hülfe der Anpassung und Vererbung mechanisch zu vollbringen im Stande sind. Zu dieser »Züchtungs-Lehre oder Selections-Theorie« gelangte DARWIN auf Grund folgender Betrachtung. Er verglich die Entstehung der mannichfaltigen Rassen von Thieren und Pflanzen, die der Mensch künstlich hervorzubringen im Stande ist, die Züchtungs-Verhältnisse der Gartenkunst und der Hausthierzucht, mit der Entstehung der wilden Arten von Thieren und Pflanzen im natürlichen Zustande. Hierbei fand er. dass ähnliche Ursachen, wie wir sie bei der künstlichen Züchtung unserer Hausthiere und Cultur-Pflanzen zur Umbildung der Formen anwenden, auch in der freien Natur wirksam sind. Die wirksamste von allen dabei mitwirkenden Ursachen nannte er den »Kampf um's Dasein«. Der Kern dieser eigentlichen DARWIN'schen Theorie besteht in folgendem einfachen Gedanken: der Kampf um's Dasein erzeugt planlos in der freien Natur auf ähnliche Weise neue Arten, wie der Wille des Menschen planvoll im Culturzustande neue Rassen züchtet. Ebenso wie der Gärtner und der Landwirth für seinen Vortheil und nach seinem Willen züchtet, indem er die Verhältnisse der Vererbung und Anpassung zur Umbildung der Formen zweckmässig benutzt, ebenso bildet beständig der Kampf um's Dasein die Formen der Thiere und Pflanzen im wilden Zustande um. Dieser Kampf ums Dasein, oder die Mitbewerbung der Organismen um die nothwendigen Existenzbedingungen wirkt allerdings planlos, aber dennoch in ähnlicher Weise direct umgestaltend auf die Organismen. Indem unter seinem Einflusse die Verhältnisse der Vererbung und Anpassung in die innigste Wechselbeziehung treten, müssen nothwendig neue Formen oder Abänderungen entstehen, die für die Organismen selbst von Vortheil, also zweckmässig sind, trotzdem in Wahrheit kein vorbedachter Zweck ihre Entstehung veranlasste.

Dieser einfache Grundgedanke ist der eigentliche Kern des Darwinismus oder der »Selections-Theorie«. DARWIN erfasste diesen Grundgedanken schon vor langer Zeit, hat aber über zwanzig Jahre hindurch mit bewunderungswürdigem Fleisse empirisches Ma-

terial zu seiner festen Begründung gesammelt, ehe er seine Theorie veröffentlichte. Ueber den Weg, auf welchem er dazu gelangte, sowie über seine wichtigsten Schriften und seine Schicksale, habe ich in meiner Natürlichen Schöpfungsgeschichte (VI. Auflage, S. 117—128) ausführlich berichtet. Ich will daher hier nur ganz kurz einige der wichtigsten Verhältnisse berühren[30]. CHARLES DARWIN ist am 12. Februar 1809 zu Shrewsbury in England geboren, woselbst sein Vater ROBERT praktischer Arzt war. Sein Grossvater, ERASMUS DARWIN, war ein denkender Naturforscher, der im Sinne der älteren Naturphilosophie arbeitete und gegen Ende des vorigen Jahrhunderts mehrere naturphilosophische Schriften veröffentlichte. Die bedeutendste von diesen ist die 1794 erschienene »Zoonomie«, in welcher er ähnliche Ansichten wie GOETHE und LAMARCK aussprach, ohne jedoch von den gleichen Bestrebungen dieser Zeitgenossen etwas zu wissen. ERASMUS DARWIN übertrug nach dem Gesetze der latenten Vererbung oder des »Atavismus« bestimmte Molecular-Bewegungen in den Ganglienzellen seines grossen Gehirns erblich auf seinen Enkel CHARLES, ohne dass dieselben an seinem Sohne ROBERT zur Erscheinung kamen. Diese Thatsache ist für den merkwürdigen Atavismus, den CHARLES DARWIN selbst so vortrefflich erörtert hat, von hohem Interesse. Uebrigens überwog in den Schriften des Grossvaters ERASMUS die plastische Phantasie gar zu sehr den kritischen Verstand, während bei seinem Enkel CHARLES beide in richtigem Gleichgewichtsverhältnisse stehen. Da gegenwärtig viele Naturforscher von beschränktem Geiste die Phantasie in der Biologie für überflüssig halten und ihren eigenen Mangel daran für einen grossen und »exacten« Vorzug ansehen, so will ich Sie bei dieser Gelegenheit auf einen treffenden Ausspruch eines geistvollen Naturforschers aufmerksam machen, der selbst eines der Häupter der sogenannten »exacten« oder streng empirischen Richtung war. JOHANNES MÜLLER, der deutsche CUVIER, dessen Arbeiten immer als Muster exacter Forschung gelten werden, erklärte die beständige Wechselwirkung und das harmonische Gleichgewicht von Phantasie und Verstand für die unentbehrliche Vorbedingung der wichtigsten Entdeckungen. (Ich habe diesen Ausspruch als Leitwort vor den achtzehnten Vortrag gesetzt.)

CHARLES DARWIN hatte das Glück, nach Vollendung seiner Universitäts-Studien im 22. Lebensjahre an einer zu wissenschaftlichen Zwecken veranstalteten Weltumsegelung Theil nehmen zu können. Diese dauerte fünf Jahre und brachte ihm eine Fülle der lehrreichsten Anregungen und der grossartigsten Naturanschauungen. Schon als er

im Beginn derselben zuerst den Boden von Süd-Amerika betrat, wurde er auf verschiedene Erscheinungen aufmerksam, die das grosse Problem seiner Lebensarbeit, die Frage nach der »Entstehung der Arten«, in ihm anregten. Einestheils die lehrreichen Erscheinungen der geographischen Verbreitung der Arten, anderentheils die Beziehungen der lebenden zu den ausgestorbenen Species desselben Erdtheils führten ihn auf den Gedanken, dass nahe verwandte Arten von einer gemeinsamen Stammform abstammen möchten. Als er dann nach der Rückkehr von seiner fünfjährigen Weltreise sich Jahre lang auf das Eifrigste mit dem systematischen Studium der Hausthiere und Gartenpflanzen beschäftigte, erkannte er die offenbaren Analogien, welche sie in ihrer Bildung und Umbildung mit den wilden Arten im Naturzustande darbieten. Zu der Aufstellung des wichtigsten Punktes seiner Theorie, der natürlichen Züchtung durch den Kampf um's Dasein, gelangte er aber erst, nachdem er das berühmte Buch des National-Oekonomen MALTHUS »über die Bevölkerungs-Verhältnisse« gelesen hatte. Hierbei wurde ihm sofort die Analogie klar, welche die wechselnden Beziehungen der Bevölkerung und Uebervölkerung in den menschlichen Cultur-Staaten mit den socialen Verhältnissen der Thiere und Pflanzen im Naturzustande besitzen. Viele Jahre hindurch sammelte er nun Material, um massenhafte Beweismittel zur Stütze dieser Theorie zusammen zu bringen. Zugleich stellte er selbst als erfahrener Züchter wichtige Züchtungs-Versuche in Menge an und studirte namentlich die höchst lehrreiche Zucht der Haustauben. Die stille Zurückgezogenheit, in der er seit der Rückkehr von der Weltreise auf seinem Landgute Down unweit Beckenham einige Meilen von London entfernt lebte, gewährte ihm dazu die reichlichste Musse.

Erst im Jahre 1858 entschloss sich DARWIN, gedrängt durch die Arbeit eines anderen Naturforschers, ALFRED WALLACE, der auf dieselbe Züchtungs-Theorie gekommen war, die Grundzüge seiner Theorie zu veröffentlichen, und 1859 erschien dann sein Hauptwerk »über die Entstehung der Arten«, in welchem dieselbe ausführlich erörtert und mit den gewichtigsten Beweismitteln begründet ist. Da ich in meiner »Generellen Morphologie« und »Natürlichen Schöpfungsgeschichte« meine Auffassung derselben bereits ausführlich erörtert habe, will ich hier nicht länger dabei verweilen, und nur nochmals mit ein paar Worten den Kern der DARWIN'schen Theorie, auf dessen richtiges Verständniss Alles ankömmt, hervorheben. Dieser Kern enthält den einfachen Grundgedanken: Der Kampf um's Dasein bildet

im Naturzustande die Organismen um, und erzeugt neue Arten mit Hülfe derselben Mittel, durch welche der Mensch neue Rassen von Thieren und Pflanzen im Culturzustande hervorbringt. Diese Mittel bestehen in einer fortgesetzten Auslese oder Selection der zur Fortpflanzung gelangenden Individuen, wobei Vererbung und Anpassung in ihrer gegenseitigen Wechselbeziehung als umbildende Ursachen wirksam sind[31]).

Unabhängig von DARWIN war auch sein jüngerer Landsmann, der berühmte Reisende ALFRED WALLACE auf denselben Gedanken gekommen. Doch hat er die artenbildende Wirksamkeit der natürlichen Züchtung bei weitem nicht so klar erkannt und so allseitig entwickelt, wie DARWIN. Immerhin enthalten die Schriften von WALLACE (insbesondere über Mimicry u. s. w.) manche hübsche originale Beiträge zur Selections-Theorie. Leider ist dieser talentvolle Naturforscher später geisteskrank geworden, und spielt jetzt nur noch als Gespensterseher und Geisterbeschwörer eine Rolle in den spiritistischen Schwindel-Gesellschaften von London.

Die Wirkung von DARWIN's Hauptwerk »über die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung« war ausserordentlich bedeutend, wenn auch zunächst nicht innerhalb der Fachwissenschaft. Es vergingen einige Jahre, ehe die Botaniker und Zoologen sich von dem Erstaunen erholt hatten, in welches sie durch die neue Naturanschauung dieses grossen reformatorischen Werkes versetzt waren. Die Wirkung des Buches auf die Specialwissenschaften, mit denen wir Zoologen und Botaniker uns beschäftigen, ist eigentlich erst in den letzten Jahren mehr hervorgetreten, seitdem man begonnen hat, die Descendenz-Theorie auf das Gebiet der Anatomie, der Ontogenie, der zoologischen und botanischen Systematik anzuwenden. Schon jetzt ist dadurch eine mächtige Umwälzung in den herrschenden Ansichten herbeigeführt worden.

Nun war aber in dem ersten DARWIN'schen Werke von 1859 derjenige Punkt, welcher uns hier zunächst interessirt, die Anwendung der Abstammungslehre auf den Menschen, noch gar nicht berührt worden. Man hat sogar viele Jahre hindurch an der Behauptung festgehalten, dass DARWIN nicht daran denke, seine Theorie auf den Menschen anwenden zu wollen, und dass er vielmehr die herrschende Ansicht theile, wonach dem Menschen eine ganz besondere Stellung in der Schöpfung nothwendig vorbehalten werden müsse. Nicht allein unwissende Laien (insbesondere viele Theologen), sondern auch ge-

lehrte Naturforscher behaupteten mit der grössten Naivetät, dass zwar die DARWIN'sche Theorie an sich gar nicht anzufechten, vielmehr völlig richtig sei, dass man mittelst derselben die Entstehung der verschiedenen Thier- und Pflanzenarten sehr gut zu erklären im Stande sei, dass aber die Theorie durchaus nicht auf den Menschen angewendet werden könne.

Inzwischen wurde jedoch von einer grossen Anzahl denkender Leute, von Naturforschern sowohl als von Laien, die entgegengesetzte Ansicht ausgesprochen, dass aus der von DARWIN reformirten Descendenz-Theorie mit logischer Nothwendigkeit auch die Abstammung des Menschen von anderen thierischen Organismen, und zwar zunächst von affenähnlichen Säugethieren, gefolgert werden müsse. Die Berechtigung dieses weittragenden Folgeschlusses wurde sogar schon sehr frühzeitig von vielen denkenden Gegnern der Lehre anerkannt. Gerade weil sie diese Consequenz als unausbleiblich ansahen, glaubten Viele die ganze Theorie verwerfen zu müssen. Die erste wissenschaftliche Anwendung der Theorie auf den Menschen geschah aber durch den berühmten Naturforscher THOMAS HUXLEY, welcher gegenwärtig unter den Zoologen Englands die erste Stelle einnimmt[32]. Dieser geistvolle und kenntnissreiche Forscher, dem die zoologische Wissenschaft viele werthvolle Fortschritte verdankt, veröffentlichte im Jahre 1863 eine kleine Schrift: »Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur. Drei Abhandlungen: 1) Ueber die Naturgeschichte der menschenähnlichen Affen; 2) Ueber die Beziehungen des Menschen zu den nächstniederen Thieren: 3) Ueber einige fossile menschliche Ueberreste.« In diesen drei ausserordentlich wichtigen und interessanten Abhandlungen ist mit völliger Klarheit nachgewiesen, dass aus der Descendenz-Theorie nothwendig die vielbestrittene »Abstammung des Menschen vom Affen« folgt. Wenn die Abstammungslehre überhaupt richtig ist, bleibt nichts übrig, als die menschenähnlichsten Affen als diejenigen Thiere anzusehen, aus welchen zunächst sich das Menschengeschlecht Stufe für Stufe historisch entwickelt hat.

Fast gleichzeitig erschien eine grössere Schrift über denselben Gegenstand: »Vorlesungen über den Menschen, seine Stellung in der Schöpfung und in der Geschichte der Erde« von CARL VOGT, einem unserer scharfsinnigsten Zoologen. Indessen hat derselbe späterhin seine Ansichten theilweise widerrufen und sogar in neuester Zeit sich in die seltsame Behauptung verrannt, dass die Abstammung des Men-

schen nur bis zu den Affen, und nicht weiterhin zu niederen Thieren verfolgt werden könne. Das beweist aber nur, dass VOGT den neueren Fortschritten der Zoologie nicht gefolgt ist und seit langer Zeit die Fühlung mit den wichtigsten Theilen der Entwickelungsgeschichte gänzlich verloren hat.

Unter denjenigen Zoologen, welche sofort nach dem Erscheinen von DARWIN's Werke die Descendenz-Theorie annahmen und förderten und in richtiger logischer Consequenz die Abstammung des Menschen von niederen Thieren folgerten, sind namentlich noch GUSTAV JAEGER [33]) und FRIEDRICH ROLLE [34]) zu nennen. Der letztere veröffentlichte 1866 eine Schrift über »den Menschen, seine Abstammung und Gesittung im Lichte der DARWIN'schen Lehre«.

Gleichzeitig habe ich selbst im zweiten Bande meiner 1866 erschienenen »Generellen Morphologie der Organismen« den ersten Versuch gemacht, die Entwickelungs-Theorie auf die gesammte Systematik der Organismen mit Inbegriff des Menschen anzuwenden. [35]) Ich habe dort die hypothetischen Stammbäume der einzelnen Klassen des Thierreiches, des Protistenreiches und des Pflanzenreiches so zu entwerfen versucht, wie es nach der DARWIN'schen Theorie nicht allein im Princip nothwendig, sondern auch wirklich bis zu einem gewissen Grade der Wahrscheinlichkeit jetzt schon möglich ist. Denn wenn überhaupt die Abstammungslehre richtig ist, wie sie LAMARCK zuerst bestimmt formulirt und DARWIN später fest begründet hat, so muss man auch im Stande sein, das natürliche System der Thiere und Pflanzen genealogisch zu deuten, und die kleineren und grösseren Abtheilungen, welche man im System unterscheidet, als Zweige und Aeste eines Stammbaumes hinzustellen. Die acht genealogischen Tafeln, welche ich dem zweiten Bande der generellen Morphologie angehängt habe, sind die ersten derartigen Entwürfe. In dem 27sten Kapitel derselben sind zugleich die wichtigsten Stufen in der Ahnenreihe des Menschen aufgeführt, soweit sie sich durch den Wirbelthier-Stamm hindurch verfolgen lässt. Insbesondere habe ich daselbst die systematische Stellung des Menschen in der Klasse der Säugethiere, und die genealogische Bedeutung derselben festzustellen versucht, soweit dies gegenwärtig möglich erscheint. Diesen Versuch habe ich sodann wesentlich verbessert und in populärer Darstellung weiter ausgeführt im XXII. und XXIII. Vortrage meiner »Natürlichen Schöpfungsgeschichte« (1868, sechste verbesserte Auflage 1875).

Endlich ist vor fünf Jahren CHARLES DARWIN selbst mit einem höchst interessanten Werke hervorgetreten, welches die vielbestrittene Anwendung seiner Theorie auf den Menschen enthält und somit die Krönung seines grossartigen Lehrgebäudes vollzieht. In diesem Werke, betitelt »Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl«[36]) hat DARWIN den früher absichtlich verschwiegenen Folgeschluss, dass auch der Mensch sich aus niederen Thieren entwickelt haben muss, mit der grössten Offenheit und der schärfsten Logik gezogen, und hat insbesondere die höchst wichtige Rolle auf das Geistvollste erörtert, welche sowohl bei der fortschreitenden Veredelung des Menschen wie aller anderen höheren Thiere die geschlechtliche Züchtung oder sexuelle Selection spielt. Danach ist die sorgfältige Auswahl, welche die beiden Geschlechter behufs ihrer geschlechtlichen Verbindung und Fortpflanzung auf einander ausüben, und der ästhetische Geschmack, den die höheren Thiere hierbei entwickeln, von grösster Bedeutung für die fortschreitende Entwickelung der Formen und die Sonderung der Geschlechter. Indem bei den einen Thieren sich die Männchen die schönsten Weibchen aussuchen, bei anderen umgekehrt die Weibchen nur die edelsten Männchen wählen, wird der specifische und zugleich der sexuelle Charakter fortdauernd veredelt. Dabei entwickeln viele höhere Thiere einen besseren Geschmack und ein unbefangeneres Urtheil, als der Mensch. Aber auch beim Menschen ist aus dieser sexuellen Auswahl das veredelte Familienleben, die wichtigste Grundlage der Cultur und der Staatenbildung, entsprungen. Die Entstehung des Menschengeschlechts beruht sicher zum grossen Theile auf der vervollkommneten geschlechtlichen Zuchtwahl, welche unsere Ahnen bei ihrer Brautwahl ausübten (vergl. den XI. Vortrag meiner natürlichen Schöpfungsgeschichte und Bd. II, S. 244—247 der gen. Morphol.).

Die allgemeinen Grundzüge des menschlichen Stammbaumes, wie ich sie in der Generellen Morphologie und in der Natürlichen Schöpfungsgeschichte aufgestellt habe, hat DARWIN im Wesentlichen gebilligt und ausdrücklich hervorgehoben, dass ihn seine Erfahrungen zu denselben Schlüssen geführt haben. Dass er selbst nicht gleich in seinem ersten Werke die Anwendung der Descendenz-Theorie auf den Menschen machte, war sehr weise und kann nur gebilligt werden: denn diese Consequenz war nur geeignet, die grössten Vorurtheile gegen die ganze Theorie aufzuregen. Zunächst kam es nur darauf an, der Abstammungslehre in Bezug auf die Thier- und Pflanzenarten Geltung zu verschaffen. Ihre Anwendung auf den Menschen

musste dann selbstverständlich früher oder später von selbst nachkommen.

Die richtige Auffassung dieses Verhältnisses ist von der grössten Bedeutung. Wenn überhaupt alle Organismen von einer gemeinsamen Wurzel abstammen, dann ist auch der Mensch in dieser gemeinsamen Descendenz mit inbegriffen. Wenn hingegen alle einzelnen Arten oder Organismen-Species für sich erschaffen worden sind, dann ist auch der Mensch ebenso »erschaffen, nicht entwickelt«. Zwischen diesen beiden entgegengesetzten Annahmen haben wir in der That zu wählen, und diese entscheidende Alternative kann nicht oft und nicht scharf genug in den Vordergrund gestellt werden: Entweder sind überhaupt alle verschiedenen Arten des Thier- und Pflanzenreiches übernatürlichen Ursprungs, erschaffen, nicht entwickelt: und dann ist auch der Mensch ein Product eines übernatürlichen Schöpfungsactes, wie alle die verschiedenen religiösen Glaubensvorstellungen es auch annehmen. Oder aber, es haben sich die verschiedenen Arten und Klassen des Thier- und Pflanzenreiches aus wenigen gemeinsamen einfachsten Stammformen entwickelt, und dann ist auch der Mensch selbst eine letzte Entwickelungsfrucht des thierischen Stammbaumes.

Man kann dieses Verhältniss kurz in dem Satze zusammenfassen: Die Abstammung des Menschen von niederen Thieren ist ein besonderes Deductionsgesetz, welches mit Nothwendigkeit aus dem allgemeinen Inductionsgesetze der gesammten Abstammungslehre folgt. In diesem Satze lässt sich das Verhältniss am klarsten und einfachsten formuliren. Die Abstammungslehre ist im Grunde weiter Nichts als ein grosses Inductionsgesetz, auf welches wir durch die vergleichende Zusammenstellung der wichtigsten morphologischen und physiologischen Erfahrungsgesetze hingeführt werden. Nun müssen wir überall da nach den Gesetzen der Induction schliessen, wo wir nicht im Stande sind, die Naturwahrheit auf dem untrüglichen Wege directer Messung oder mathematischer Berechnung unmittelbar festzustellen. Bei der Erforschung der belebten Natur vermögen wir fast niemals ganz unmittelbar die Bedeutung der Erscheinungen vollständig zu erkennen und auf dem exacten Wege der Mathematik zu bestimmen, wie das bei der viel einfacheren Erforschung der anorganischen Naturkörper der Fall ist: in der Chemie und Physik, in der Mineralogie und der Astronomie. Besonders in der letzteren können wir immer den ein-

fachsten und absolut sicheren Erkenntnisspfad der mathematischen Berechnung benutzen. Allein in der Biologie ist dies aus vielen Gründen ganz unmöglich, und zwar zunächst deshalb, weil hier die Erscheinungen höchst verwickelt und viel zu zusammengesetzt sind, als dass sie unmittelbar eine mathematische Analyse erlaubten. Wir sind daher hier gezwungen inductiv vorzugehen, das heisst aus der Masse einzelner Beobachtungen allgemeine Schlüsse von annähernder Richtigkeit Stufe für Stufe zu erobern. Diese Inductionsschlüsse können zwar nicht absolute Sicherheit, wie die Sätze der Mathematik, beanspruchen: sie nähern sich aber um so mehr der Wahrheit und besitzen um so grössere Wahrscheinlichkeit, je ausgedehnter die Erfahrungsgebiete sind, auf die wir uns dabei stützen. An der Bedeutung dieser Inductionsgesetze ändert der Umstand Nichts, dass dieselben nur als vorläufige wissenschaftliche Errungenschaften betrachtet und durch weitere Fortschritte der Erkenntniss möglicherweise verbessert oder vervollkommnet werden können. Ganz dasselbe gilt von den meisten Erkenntnissen vieler anderer Wissenschaften, z. B. der Geologie, der Archäologie. Wie sehr auch im Einzelnen solche inductive Erkenntnisse im Laufe der Zeit verbessert und verändert werden mögen, die allgemeine Bedeutung ihres Inhalts kann davon ganz unberührt bleiben.

Wenn wir nun die Abstammungslehre im Sinne von Lamarck und Darwin als ein Inductionsgesetz und zwar als das grösste von allen biologischen Inductionsgesetzen bezeichnen, so stützen wir uns dabei in erster Linie auf die Thatsachen der Paläontologie, auf die Erscheinungen des Artenwechsels, wie sie durch die Versteinerungskunde bewiesen werden. Aus den Verhältnissen, unter denen wir diese Versteinerungen oder Petrefacten in den geschichteten Gesteinen unserer Erdrinde begraben finden, ziehen wir zunächst den sicheren Schluss, dass sich die organische Bevölkerung der Erde ebenso wie die Erdrinde selbst langsam und allmählich entwickelt hat, und dass Reihen von verschiedenen Bevölkerungen nach einander in den verschiedenen Perioden der Erdgeschichte aufgetreten sind. Die »Geologie der Gegenwart« zeigt uns, dass die Entwickelung der Erde allmählich und ohne gewaltsame totale Umwälzungen stattgefunden hat. Wenn wir nun die verschiedenen Thier- und Pflanzenschöpfungen, welche im Laufe der Erdgeschichte nach einander aufgetreten sind, mit einander vergleichen, so finden wir erstens eine beständige und allmähliche Zunahme der Artenzahl von der ältesten bis zur neuesten Zeit; und zweitens nehmen wir wahr, dass die Voll-

kommenheit der Formen innerhalb jeder grösseren Gruppe des Thierreiches und des Pflanzenreiches ebenfalls beständig zunimmt. So existirten z. B. von den Wirbelthieren zuerst nur niedere Fische; dann höhere Fische; später kommen die Amphibien; noch später erst erscheinen die drei höheren Wirbelthierklassen, die Reptilien, darauf die Vögel und die Säugethiere; von den Säugethieren zeigen sich zuerst nur die unvollkommensten und niedersten Formen: erst sehr spät kommen auch die höheren placentalen Säugethiere zum Vorschein, und zu den spätesten und jüngsten Formen der letzteren gehört der Mensch. Mithin nimmt die Vollkommenheit der Formen ebenso wie ihre Mannichfaltigkeit von der ältesten Zeit bis zur Gegenwart beständig zu. Das ist eine Thatsache von grosser Bedeutung, die nur durch die Abstammungslehre sich erklären lässt und sich in vollkommener Harmonie mit derselben befindet. Wenn wirklich die verschiedenen Thier- und Pflanzengruppen von einander abstammen, dann muss nothwendig eine solche Zunahme an Zahl und Vollkommenheit stattgefunden haben, wie sie uns thatsächlich die Reihen der Versteinerungen vor Augen führen.

Eine zweite Erscheinungsreihe, welche für unser Inductionsgesetz von der grössten Bedeutung ist, liefert die vergleichende Anatomie. Das ist derjenige Theil der Morphologie oder Formenlehre, welcher die entwickelten Formen der Organismen vergleicht und in der bunten Mannichfaltigkeit der organischen Gestalten das einheitliche Organisationsgesetz, oder wie man früher sagte, den »gemeinsamen Bauplan« zu erkennen sucht. Seit CUVIER im Anfange unseres Jahrhunderts diese Wissenschaft begründet hat, ist sie ein Lieblingsstudium der hervorragendsten Naturforscher geblieben. Schon vor ihm war GOETHE durch den geheimnisvollen Reiz derselben auf das Mächtigste angezogen und in seine Studien »zur Morphologie« hineingeführt worden. Insbesondere die vergleichende Osteologie, die philosophische Betrachtung und Vergleichung des Knochengerüstes der Wirbelthiere (in der That einer der interessantesten Theile) fesselte ihn mächtig und führte ihn zu seiner schon erwähnten Schädeltheorie. Die vergleichende Anatomie lehrt uns, dass der innere Bau der zu jedem Stamme gehörigen Thierarten und ebenso auch der Pflanzenformen jeder Klasse in allen wesentlichen Grundzügen die grösste Uebereinstimmung besitzt, wenn auch die äusseren Körperformen sehr verschieden sind. So zeigt der Mensch in allen wesentlichen Beziehungen seiner inneren Organisation solche Uebereinstimmung mit den übrigen Säugethieren, dass niemals ein vergleichender Anatom über

seine Zugehörigkeit zu dieser Klasse in Zweifel gewesen ist. Der ganze innere Aufbau des menschlichen Körpers, die Zusammensetzung seiner verschiedenen Organsysteme, die Anordnung der Knochen, Muskeln, Blutgefässe u. s. w., die gröbere und feinere Structur aller dieser Organe stimmt mit derjenigen aller übrigen Säugethiere (z. B. Affen, Nagethiere, Hufthiere, Walfische, Beutelthiere u. s. w.) so sehr überein, dass dagegen die völlige Unähnlichkeit der äusseren Gestalt gar nicht in's Gewicht fällt. Weiterhin erfahren wir durch die vergleichende Anatomie, dass die Grundzüge der thierischen Organisation sogar in den verschiedenen Klassen (im Ganzen 30—40 an der Zahl) so sehr übereinstimmen, dass füglich alle in 6—8 verschiedene Hauptgruppen gebracht werden können. Aber selbst in diesen wenigen Hauptgruppen, den Stämmen oder Typen des Thierreiches, sind noch gewisse Organe, vor allen der Darmcanal, als ursprünglich gleichbedeutend nachzuweisen. Wenn nun bei allen diesen verschiedenen Thieren, trotz der grössten Unähnlichkeit im Aeusseren, sich dennoch eine so wesentliche Uebereinstimmung im Innern findet, so können wir diese Thatsache nur mit Hülfe der Abstammungslehre erklären. Nur wenn wir die innere Uebereinstimmung als Wirkung der Vererbung von gemeinsamen Stammformen betrachten, die äussere Unähnlichkeit als Wirkung der Anpassung an verschiedene Lebensbedingungen, lässt sich jene wunderbare Thatsache wirklich begreifen.

Durch diese Erkenntniss ist die vergleichende Anatomie selbst auf eine höhere Stufe erhoben worden, und mit vollem Rechte konnte GEGENBAUR[37], der bedeutendste unter den jetzt lebenden Vertretern dieser Wissenschaft, sagen, dass mit der Descendenz-Theorie eine neue Periode in der vergleichenden Anatomie beginne, und dass die erstere an der letzteren zugleich einen Prüfstein finde. »Bisher besteht keine vergleichend-anatomische Erfahrung, welche der Descendenz-Theorie widerspräche; vielmehr führen uns alle darauf hin. So wird jene Theorie das von der Wissenschaft zurückempfangen, was sie ihrer Methode gegeben hat: Klarheit und Sicherheit.« Früher hatte man sich immer nur über die erstaunliche Uebereinstimmung der Organismen im inneren Bau gewundert, ohne sie erklären zu können. Jetzt hingegen sind wir im Stande, die Ursachen dieser Thatsache zu erkennen, und nachzuweisen, dass diese wunderbare Uebereinstimmung einfach die nothwendige Folge der Vererbung von gemeinsamen Stammformen, die auffallende Verschiedenheit der

äusseren Formen aber die nothwendige Folge der Anpassung an die äusseren Existenz-Bedingungen ist.

Ein besonderer Theil der vergleichenden Anatomie ist aber in dieser Beziehung von ganz hervorragendem Interesse und zugleich von der weitgreifendsten philosophischen Bedeutung. Das ist die Lehre von den rudimentären Organen, welche wir mit Rücksicht auf ihre philosophischen Consequenzen geradezu die Unzweckmässigkeitslehre oder Dysteleologie nennen können. Fast jeder Organismus (mit Ausnahme der niedrigsten und unvollkommensten), namentlich aber jeder hochentwickelte Thier- und Pflanzen-Körper, und ebenso auch der Mensch, besitzt einzelne oder viele Körpertheile, welche für den Organismus selbst unnütz, für seine Lebenszwecke gleichgültig, für seine Functionen werthlos sind. So besitzen wir noch alle in unserem Körper verschiedene Muskeln, die wir niemals gebrauchen; z. B. Muskeln in der Ohrmuschel und in der nächsten Umgebung derselben. Bei den meisten, namentlich den spitzohrigen Säugethieren sind diese inneren und äusseren Ohrmuskeln von grossem Nutzen, weil sie die Form und Stellung der Ohrmuschel vielfach verändern, um die Schallwellen möglichst gut aufzufangen. Beim Menschen hingegen und bei anderen stumpfohrigen Säugethieren sind dieselben Muskeln zwar noch vorhanden, aber von gar keinem Nutzen mehr. Da unsere Vorfahren sich schon längst ihren Gebrauch abgewöhnt haben, können wir sie nicht mehr in Bewegung setzen. Ferner besitzen wir noch im inneren Winkel unseres Auges eine kleine halbmondförmige Hautfalte; diese ist der letzte Rest eines dritten inneren Augenlides, der sogenannten Nickhaut. Bei unseren uralten Verwandten, den Haifischen, und bei vielen anderen Wirbelthieren ist diese Nickhaut sehr entwickelt und für das Auge von grossem Nutzen: bei uns ist sie verkümmert und völlig nutzlos. Wir besitzen am Darmcanal einen Anhang, der nicht nur ganz nutzlos ist, sondern sogar sehr schädlich werden kann, den sogenannten Wurmfortsatz des Blinddarms. Dieser kleine Darmanhang wird nicht selten Ursache einer tödtlichen Krankheit. Wenn bei der Verdauung durch einen unglücklichen Zufall ein Kirschkern oder ein ähnlicher harter Körper in seine enge Höhlung gepresst wird, so tritt eine heftige Entzündung ein, die meistens tödtlich verläuft. Dieser Wurmfortsatz besitzt für unseren Organismus absolut gar keinen Nutzen mehr; er ist das letzte gefährliche Ueberbleibsel eines Organes, welches bei unseren pflanzenfressenden Vorfahren viel grösser und für die Verdauung von grossem Nutzen war; wie dasselbe auch noch jetzt bei vielen Pflan-

zenfressern, z. B. bei Affen und Nagethieren, umfangreich und von grosser physiologischer Bedeutung ist.

Aehnliche rudimentäre Organe finden sich bei uns, wie bei allen höheren Thieren, an den verschiedensten Körpertheilen. Sie gehören zu den interessantesten Erscheinungen, mit welchen uns die vergleichende Anatomie bekannt macht: erstens weil sie die einleuchtendsten Beweise für die Descendenz-Theorie liefern, und zweitens, weil sie auf das Schlagendste die herkömmliche teleologische Schul-Philosophie widerlegen. Mit Hülfe der Abstammungslehre ist die Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinungen sehr einfach. Wir müssen sie als Theile betrachten, welche im Laufe vieler Generationen allmählich ausser Gebrauch gekommen, ausser Dienst getreten sind. Mit dem abnehmenden Gebrauche und dem schliesslichen Verluste der Function verfällt aber auch das Organ selbst Schritt für Schritt einer Rückbildung und verschwindet schliesslich ganz. Auf andere Weise ist die Existenz der rudimentären Organe überhaupt nicht zu erklären. Deshalb sind sie auch für die Philosophie von der grössten Bedeutung: sie beweisen klar, dass die mechanische oder monistische Auffassung der Organismen allein richtig, und dass die herrschende teleologische oder dualistische Beurtheilung derselben völlig falsch ist. Die uralte Fabel von dem hochweisen Plane, wonach »des Schöpfers Hand mit Weisheit und Verstand alle Dinge geordnet hat«, die leere Phrase von dem »zweckmässigen Bauplane« der Organismen, wird dadurch in der That gründlich widerlegt. Es können wohl kaum stärkere Gründe gegen die herkömmliche Teleologie oder Zweckmässigkeitslehre aufgebracht werden, als die Thatsache, dass alle höher entwickelten Organismen solche rudimentären Organe besitzen.

Auch die beliebte Redens-Art von der »sittlichen Weltordnung« erscheint im Lichte dieser dysteleologischen Thatsachen nur noch als das, was sie in Wahrheit ist, als eine schöne Dichtung, die durch die reale Sachlage grausam Lügen gestraft wird. Nur der idealistische Gelehrte, der sein Auge der nackten Wirklichkeit verschliesst, oder der schlaue Priester, welcher seine Seelenschäfchen am kirchlichen Gängelbande festhalten will, kann heute noch das Mährchen von der »sittlichen Weltordnung« erzählen. Sie existirt in der Natur ebensowenig als im Menschenleben, in der Naturgeschichte ebensowenig als in der Culturgeschichte. Der grausame und unaufhörliche »Kampf um's Dasein« ist die wahre Triebfeder der blinden »Weltgeschichte.«

Eine »sittliche Ordnung« und einen »zweckmässigen Weltplan« können wir darin nur dann erblicken, wenn wir das Uebermaass der unsittlichen Gewaltherrschaft und der zweckwidrigen Organisation absichtlich ignoriren.

Die breiteste inductive Grundlage erhält die Descendenz-Theorie durch das natürliche System der Organismen, welches alle die verschiedenen Formen stufenweise in kleinere und grössere Gruppen nach dem Grade ihrer Formverwandtschaft ordnet. Diese Gruppenstufen oder Kategorien des Systems, die Varietäten, Species, Genera, Familien, Ordnungen, Klassen u. s. w. zeigen nun unter sich stets solche Verhältnisse der Nebenordnung und Unterordnung, stets solche Beziehungen der Coordination und Subordination, dass man dieselben nur genealogisch deuten und bildlich das ganze System nur unter der Form eines vielverzweigten Baumes darstellen kann. Dieser Baum ist der Stammbaum der verwandten Formgruppen, und ihre Formverwandtschaft ist die wahre Blutsverwandtschaft. Da eine andere Erklärung für die natürliche Baumform des Systems gar nicht gegeben werden kann, so dürfen wir sie unmittelbar als einen gewichtigen Beweis für die Wahrheit der Abstammungslehre betrachten.

Zu den wichtigsten Erscheinungen, welche für das Inductions-Gesetz der Descendenz-Theorie Zeugniss ablegen, gehört die geographische Verbreitung der Thier- und Pflanzenarten über die Erdoberfläche, sowie die topographische Verbreitung derselben auf den Höhen der Gebirge und in den Tiefen des Oceans. Die wissenschaftliche Erkenntniss dieser Verhältnisse, die »Verbreitungslehre« oder Chorologie ist nach ALEXANDER HUMBOLDT's Vorgange neuerdings mit lebhaftem Interesse in Angriff genommen worden. Jedoch beschränkte man sich bis auf DARWIN lediglich auf die Betrachtung der chorologischen Thatsachen, und suchte vor Allem die Verbreitungs-Bezirke der jetzt lebenden grösseren und kleineren Organismen-Gruppen festzustellen. Allein die Ursachen dieser merkwürdigen Verbreitungs-Verhältnisse, die Gründe, warum die einen Gruppen nur dort, die anderen nur hier existiren, und warum überhaupt eine so mannichfaltige Vertheilung der verschiedenen Thier- und Pflanzen-Arten stattfindet, Alles das war man nicht zu erklären im Stande. Auch hier liefert uns erst die Abstammungslehre den Schlüssel des Verständnisses; sie allein führt uns auf den richtigen Weg der Erklärung, indem sie uns zeigt, dass die verschiedenen Arten und

[illegible] gemeinsamen Stammarten abstammen, deren vielseitige [illegible] Wanderung oder Migration [illegible] der Erde zerstreute. Für jede [illegible] Schöpfungsmittelpunkt [illegible] angenommen werden, das ist [illegible] die gemeinsame Stamm-Art der [illegible] aus sich ihre nächste [illegible] Bedingungen verbreitete. Einzelne [illegible] wurden vieler Stammformen [illegible] mehrmals durch active und [illegible]. Indem sich jede ausgewanderte [illegible] neuen Existenz-Bedingungen [illegible] und neuen Formenreihen [illegible].

[illegible] den activen und passiven Wanderungen [illegible] der Descendenz-Theorie [illegible] der wichtigen chorologischen [illegible] Bevölkerung jedes [illegible] Verwandten derselben richtig [illegible] Weise hat dieselbe sodann MORITZ WAGNER [illegible] Migrations-Theorie weiter ausgebildet [illegible] die Bedeutung seiner Migrations-Theorie [illegible] insoweit überschätzt, [illegible] der Entstehung neuer Arten [illegible] nicht für richtig hält. Nun stehen aber diese [illegible] Theorien keineswegs in einem Gegensatz zu einander [illegible] die Migration, durch welche die Stammform [illegible] nur ein besonderer Fall der Selection. [illegible] und interessanten chorologischen Erscheinungsreihen [illegible] die Descendenz-Theorie erklären lassen [illegible] den wichtigsten inductiven Grundlagen [illegible].

Ganz dasselbe gilt von allen den merkwürdigen Erscheinungen, welche wir im Naturhaushalte, in der Oeconomie der Organismen wahrnehmen. Alle die mannichfaltigen Beziehungen der Thiere und Pflanzen zu einander und zur Aussenwelt, mit denen sich die **Oekologie der Organismen** beschäftigt, namentlich aber die interessanten Erscheinungen des Parasitismus, des Familienlebens, der Brutpflege [illegible] Socialismus u. s. w., sie alle sind einfach und natürlich [illegible] die Lehre von der Anpassung und Vererbung zu erklären.

Während man früher gerade in diesen Erscheinungen vorzugsweise die liebevollen Einrichtungen eines allweisen und allgütigen Schöpfers zu bewundern pflegte, finden wir jetzt umgekehrt in ihnen vortreffliche Stützen für die Abstammungslehre, ohne welche sie überhaupt nicht zu begreifen sind.

Endlich ist als die wichtigste inductive Grundlage der Descendenz-Theorie die individuelle Entwickelungsgeschichte aller Organismen, die gesammte Ontogenie, zu bezeichnen. Da aber unsere weiteren Vorträge diesen Gegenstand ganz speciell zu behandeln haben, brauche ich hier nichts weiter darüber zu sagen. Ich werde mich vielmehr bemühen, Ihnen Schritt für Schritt in den folgenden Vorträgen zu zeigen, wie die gesammten Erscheinungen der Ontogenie eine zusammenhängende Beweiskette für die Wahrheit der Abstammungslehre bilden, wie sie nur durch die Phylogenie erklärbar sind. Indem wir diesen engen Causal-Nexus zwischen Ontogenese und Phylogenese benutzen und uns beständig auf unser biogenetisches Grundgesetz stützen, werden wir im Stande sein, die Abstammung des Menschen von niederen Thieren aus den Thatsachen der Ontogenie Stufe für Stufe nachzuweisen.

Schliesslich ist noch anzuführen, dass in neuester Zeit die wichtige theoretische Frage von dem Wesen und dem Begriffe der Art oder Species, die den eigentlichen Angelpunkt aller Streitigkeiten über die Descendenz-Theorie bildet, definitiv erledigt worden ist. Seit mehr als einem Jahrhundert ist diese Frage von den verschiedensten Gesichtspunkten erörtert worden, ohne dass irgend ein befriedigendes Resultat erreicht wurde. Tausende von Zoologen und Botanikern haben sich während dieses Zeitraumes tagtäglich mit der systematischen Unterscheidung und Beschreibung der Species beschäftigt, ohne sich über die Bedeutung derselben klar zu werden. Viele Hunderttausende von Thierarten und Pflanzenarten sind als »gute Arten« aufgestellt und benannt worden, ohne dass ihre Gründer die Berechtigung dazu nachweisen und die logische Begründung ihrer Unterscheidung geben konnten. Endlose Streitigkeiten über die leere Frage, ob die als Species unterschiedene Form eine »gute oder schlechte Art«, eine »Species oder Varietät«, eine »Subspecies oder Rasse« sei, sind zwischen den »reinen Systematikern« geführt worden, ohne dass dieselben sich nach Inhalt und Umfang dieser Begriffe gefragt hätten. Hätte man sich ernstlich bemüht, über die letzteren klar zu werden, so würde man schon längst eingesehen haben, dass

sie gar keine absolute Bedeutung besitzen, sondern nur Gruppenstufen oder Kategorien des Systems von relativer Bedeutung sind.

Allerdings hat im Jahre 1857 ein berühmter und geistreicher, aber sehr unzuverlässiger und dogmatischer Naturforscher, LOUIS AGASSIZ, den Versuch gemacht, jenen Kategorien eine absolute Bedeutung beizulegen. Es geschah dies in dem »Essay on classification«, in welchem die Erscheinungen der organischen Natur auf den Kopf gestellt, und statt aus natürlichen Ursachen erklärt, vielmehr durch das siebenkantige Prisma theologischer Träumerei betrachtet werden. Jede »gute Art oder *bona species*« ist hiernach ein »verkörperter Schöpfungsgedanke Gottes«. Allein diese schöne Phrase hält vor der naturphilosophischen Kritik eben so wenig Stand, wie alle anderen Versuche, den absoluten Species-Begriff zu retten. Ich glaube dies genügend in der ausführlichen Kritik des morphologischen und physiologischen Species-Begriffes und der Kategorien des Systemes bewiesen zu haben, welche ich 1866 in der »Generellen Morphologie« gegeben habe (Band II, S. 323—402).

Uebrigens hat wohl LOUIS AGASSIZ seine theosophischen Phrasen selbst nicht geglaubt. Dieser grosse amerikanische »Gründer in der Naturwissenschaft«, wie ihn der treffliche CARUS STERNE mit Recht nennt[39], war im Grunde doch zu geistreich, um den von ihm gepredigten mystischen Unsinn wirklich für wahr zu halten. Nur die schlaue Berechnung und das gerechte Zutrauen zu dem Unverstand seiner gläubigen Heerde konnte ihm den Muth geben, die Taschenspieler-Kunststücke seines anthropomorphen Schöpfers als baare Münze zu verwerthen. Der göttliche Schöpfer von AGASSIZ ist weiter Nichts, als ein idealisirter Mensch: ein phantasiereicher Architect, der immer neue »Baupläne« ersinnt und in neuen »Arten« ausführt. (Vergl. den III. Vortrag der Natürlichen Schöpfungsgeschichte, sowie meine »Ziele und Wege der heutigen Entwickelungsgeschichte«, Jena 1875.)

Nachdem mit LOUIS AGASSIZ 1873 der letzte geistreiche Vertheidiger der Artbeständigkeit und der Wunderschöpfung in's Grab gestiegen, ist das Dogma von der Species-Constanz zerstört, und die entgegengesetzte Behauptung, dass alle verschiedenen Species von gemeinsamen Stammformen abstammen, stösst auf keine ernstlichen Schwierigkeiten mehr. Alle die weitschweifigen Untersuchungen über das, was die Art eigentlich ist, und wie es möglich ist, dass verschiedene Arten von einer Stammart abstammen, sind gegenwärtig

dadurch zu einem völlig befriedigenden Abschluss gediehen, dass die scharfen Grenzen zwischen Species und Varietät einerseits, zwischen Species und Genus anderseits völlig aufgehoben sind. Den analytischen Beweis dafür habe ich in meiner 1872 erschienenen Monographie der Kalkschwämme[40] geliefert, indem ich in dieser kleinen, aber höchst lehrreichen Thiergruppe die Variabilität aller Species auf das Genaueste untersucht und die Unmöglichkeit dogmatischer Species-Unterscheidung im Einzelnen dargethan habe. Je nachdem der Systematiker hier die Begriffe von Genus, Species und Varietät weiter oder enger fasst, kann er in der kleinen Gruppe der Kalkschwämme nur ein einziges Genus mit drei Species, oder 3 Gattungen mit 21 Arten, oder 21 Genera mit 111 Species, oder 39 Gattungen mit 289 Arten, oder gar 113 Genera mit 591 Species unterscheiden. Ausserdem sind aber alle diese mannichfaltigen Formen durch zahlreiche Zwischenstufen und Uebergangsformen so zusammenhängend verbunden, dass man die gemeinsame Abstammung aller Calcispongien von einer einzigen Stammform, dem Olynthus, mit überzeugender Sicherheit nachweisen kann.

Hierdurch glaube ich die analytische Lösung des Problems von der Entstehung der Arten gegeben und somit die Forderung derjenigen Gegner der Descendenz-Theorie erfüllt zu haben, die »im Einzelnen« die Abstammung verwandter Arten von einer Stammform nachgewiesen sehen wollten. Wem die synthetischen Beweise für die Wahrheit der Abstammungslehre nicht genügen, welche die vergleichende Anatomie und Ontogenie, die Paläontologie und Dysteleologie, die Chorologie und Systematik liefern, der mag die analytischen Beweise in der Monographie der Kalkschwämme, ein Product fünfjähriger genauester Beobachtungen, zu widerlegen suchen. Ich wiederhole: Wenn man der Descendenz-Theorie noch immer die Behauptung entgegenhält, dass die Abstammung aller Arten einer Gruppe bisher noch niemals überzeugend im Einzelnen nachgewiesen sei, so ist diese Behauptung nunmehr völlig grundlos. Die Monographie der Kalkschwämme liefert diesen analytischen Nachweis im Einzelnen wirklich, und wie ich überzeugt bin, mit unwiderleglicher Sicherheit. Jeder Naturforscher, der das umfangreiche, von mir benutzte Untersuchungs-Material durcharbeitet und meine Angaben prüft, wird finden, dass man bei den Kalkschwämmen im Stande ist, die Species Schritt für Schritt auf dem Wege ihrer Entstehung, *in statu nascenti*, zu verfolgen. Wenn dies aber wirklich der Fall ist, wenn wir in einer einzigen Klasse oder Familie die Abstam-

mung aller Species von einer gemeinsamen Stammform nachzuweisen im Stande sind, dann ist auch die Frage von der Descendenz des Menschen definitiv gelöst, dann sind wir auch im Stande, die Abstammung des Menschen von niederen Thieren zu beweisen.

Damit ist auch die oft gestellte, und selbst in neuester Zeit noch von namhaften Naturforschern wiederholte Forderung erledigt, dass die Abstammung des Menschen von niederen Thieren, und zunächst von Affen, erst noch »sicher bewiesen« werden müsse. Diese »sicheren Beweise« sind längst vorhanden und man braucht nur seine Augen zu öffnen, um sie zu sehen. Ganz vergeblich suchen viele sogenannte »Anthropologen« diese Beweise darin, dass unmittelbare Uebergangsformen zwischen Menschen und Affen gefunden oder gar aus einem lebenden Affen durch zweckmässige Erziehung ein Mensch herangebildet werden müsse. Vielmehr liegen die überzeugenden »sicheren Beweise« in dem jetzt schon erworbenen reichen Erfahrungs-Material klar vor. Die Quellenschätze der vergleichenden Anatomie und Ontogenie bleiben die sichersten Beweisgründe der Phylogenie. Es kommt daher nicht darauf an, neue Beweise für die Stammesgeschichte des Menschen aufzufinden, sondern darauf, die vorhandenen »sicheren Beweise« kennen und verstehen zu lernen.

Sechster Vortrag.

Die Eizelle und die Amoebe.

»Als die Vorfahren aller höheren Thiere müssen wir ganz einfache einzellige Thiere ansehen, wie es noch heutzutage die in allen Gewässern verbreiteten Amoeben sind. **Dass auch die ältesten Urahnen des Menschengeschlechts solche ganz einfache Urthiere vom Formwerthe einer einzigen Zelle waren, ergiebt sich mit vollster Klarheit aus der unumstösslichen Thatsache, dass sich jedes menschliche Individuum aus einem Ei entwickelt, und dieses Ei ist, wie das Ei aller anderen Thiere, eine einfache Zelle.** Wenn man daher unsere Theorie von der thierischen Herkunft des Menschengeschlechts »abscheulich, empörend und unsittlich« findet, so muss man ganz ebenso »abscheulich, empörend und unsittlich« die feststehende und jeden Augenblick durch das Mikroskop zu zeigende Thatsache finden, dass das menschliche Ei eine einfache Zelle ist, und dass diese Zelle nicht von dem Ei der anderen Säugethiere zu unterscheiden ist.«

STAMMBAUM DES MENSCHENGESCHLECHTS (1870).

Inhalt des sechsten Vortrages.

Das Ei des Menschen und der Thiere ist eine einfache Zelle. Bedeutung und wesentlicher Inhalt der Zellen-Theorie. Zellstoff (Protoplasma) und Zellkern (Nucleus) als die beiden wesentlichen Bestandtheile jeder echten Zelle. Die nicht differenzirte Eizelle verglichen mit der höchst differenzirten Seelenzelle oder der Nervenzelle des Gehirns. Die Zelle als Elementar-Organismus oder als Individuum erster Ordnung. Ihre Lebenserscheinungen. Die besondere Beschaffenheit der Eizelle. Dotter. Keimbläschen. Keimfleck. Eihaut oder Chorion. Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes auf die Eizelle. Einzellige Organismen. Die Amoebe. Zusammensetzung und Lebenserscheinungen der Amoeben. Amoeboide Bewegungen. Amoeboide Zellen im vielzelligen Organismus. Bewegungs-Erscheinungen derselben und Aufnahme fester Stoffe. Fressende Blutzellen. Vergleich der Amoebe mit der Eizelle. Die amoeboiden Eizellen der Schwämme und ihre Bewegungen. Rückschluss aus der einzelligen Keimform auf die einzellige Stammform. Die Amoebe als gemeinsame Stammform der vielzelligen Organismen.

VI.

Meine Herren!

Um zu einem klaren Verständniss der Ontogenese oder der individuellen Entwickelung des Menschen zu gelangen, ist vor allem erforderlich, unter den vielen wunderbaren und mannichfaltigen Erscheinungen, die uns begegnen, die wichtigeren gehörig hervorzuheben, und von diesen bedeutenderen Anhaltspunkten aus die zahlreichen weniger wichtigen und bedeutsamen Erscheinungen zu beurtheilen. Als der erste und wichtigste Anhaltspunkt in dieser Beziehung, der zugleich nothwendig den Ausgangspunkt unserer ontogenetischen Untersuchung bildet, tritt uns die Thatsache entgegen, dass jedes menschliche Individuum sich aus einem Ei entwickelt, und dass dieses Ei eine einfache Zelle ist. Diese menschliche Eizelle ist in ihrer gesammten Form und Zusammensetzung nicht wesentlich von der Eizelle der übrigen Säugethiere verschieden, während allerdings bestimmte Unterschiede zwischen der Eizelle der Säugethiere und derjenigen der übrigen Thiere nachzuweisen sind.

Diese ausserordentlich wichtige Thatsache, der wohl nur wenige hinsichtlich ihrer fundamentalen Bedeutung an die Seite gestellt werden können, ist bekanntlich noch nicht lange entdeckt. Wie schon früher bemerkt, geschah es erst im Jahre 1827, dass Carl Ernst Baer das Ei des Menschen und der Säugethiere thatsächlich durch Beobachtung nachwies. Bis dahin hatte man irrthümlich grössere Bläschen, in denen das wahre, viel kleinere Ei erst eingeschlossen ist, als Eier betrachtet. Die wichtige Erkenntniss, dass dieses Säugethier-Ei eine einfache Zelle gleich dem Ei der übrigen Thiere ist, konnte natürlich erst gewonnen werden, seitdem überhaupt die Zellentheorie existirte. Diese wurde aber erst 1838 von Schleiden für die Pflanzen aufgestellt und von Schwann auf die Thiere ausgedehnt. Wie Sie bereits wissen, ist diese Zellentheorie von der grössten Bedeutung für das ganze Verständniss des menschlichen Organismus und seiner Entwickelung. Es erscheint daher zweckmässig, hier

einige Worte über den gegenwärtigen Zustand der Zellentheorie und über die Bedeutung der daran geknüpften allgemeinen Anschauungen vorauszuschicken.

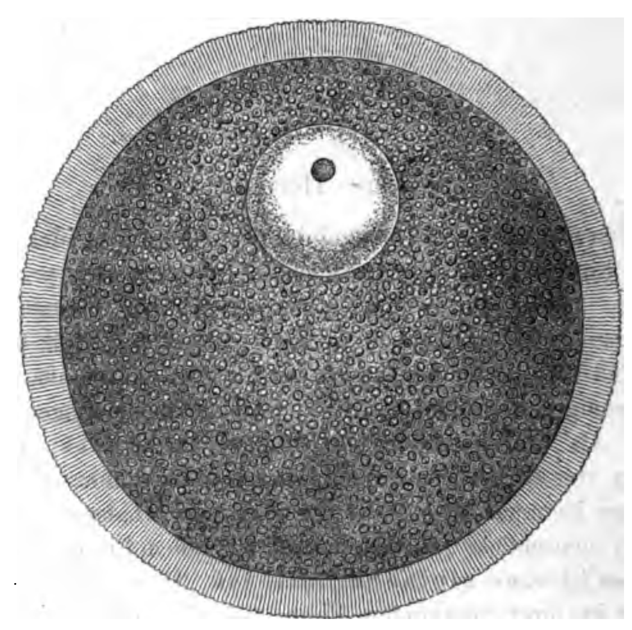


Fig. 1.

Um die Zellentheorie, welche sowohl in der Zoologie wie in der Botanik seit 38 Jahren als die wichtigste Grundlage aller morphologischen und physiologischen Anschauungen gilt, richtig zu würdigen, kommt es vor Allem darauf an, dass man die Zelle als einen einheitlichen Organismus, als ein selbstständiges lebendiges Wesen auffasst. Wenn wir den entwickelten Körper der Thiere und Pflanzen, wie den des Menschen, durch anatomische Zergliederung

---

Fig. 1. Das Ei des Menschen, aus dem Eierstock des Weibes genommen, sehr stark vergrössert. Das ganze Ei ist eine einfache kugelrunde Zelle. Die Hauptmasse der kugeligen Eizelle wird durch den Eidotter oder den körnigen Zellstoff (Protoplasma) gebildet, der aus zahllosen feinen Dotterkörnchen und ein wenig Zwischenmasse zwischen denselben besteht. Oben im Dotter liegt das helle kugelige Keimbläschen, welches dem Zellkern (Nucleus) entspricht. Dieses enthält ein dunkleres Körnchen, den Keimfleck, welcher das Kernkörperchen (Nucleolus) darstellt. Umschlossen ist der kugelige Dotter von der dicken hellen Eihaut (Zona pellucida oder Chorion). Diese ist von sehr zahlreichen, radial gegen den Mittelpunkt der Kugel gerichteten haarfeinen Linien durchzogen, den Porencanälen, durch welche bei der Befruchtung die fadenförmigen beweglichen Samenzellen in den Eidotter eindringen.

in Organe zerlegen, und wenn wir dann weiter diese gröberen Formbestandtheile oder Organe mit Hülfe des Mikroskops auf ihre feinere Zusammensetzung untersuchen, so werden wir durch die Wahrnehmung überrascht, dass alle diese verschiedenen Theile aus einem und demselben Grundbestandtheile oder Form-Elemente zusammengesetzt sind. Dieser allgemeine elementare Formbestandtheil ist die Zelle. Es ist ganz gleich, ob wir ein Blatt, eine Blume oder eine Frucht, ob wir einen Knochen, einen Muskel, eine Drüse, ein Stück Haut u. s. w. auf diese Weise anatomisch und mikroskopisch untersuchen, überall begegnen wir einem und demselben Form-Element, das man seit SCHLEIDEN Zelle nennt. Was diese Zelle eigentlich ist, darüber existiren zwar sehr verschiedene Ansichten; allein das Wesentliche unserer Anschauung von der Zelle beruht darauf, das wir dieselbe als selbstständige Lebenseinheit ansehen müssen. Die kleine Zelle ist, wie BRÜCKE sagt, ein »Elementar-Organismus«, oder, wie VIRCHOW sagt, ein »Lebensheerd«. Am schärfsten wird sie vielleicht als die organische Einheit niedersten Ranges, als Individuum erster Ordnung bezeichnet (Generelle Morphologie, Bd. I S. 269). Diese Einheit besteht sowohl in der anatomischen Form, als in der physiologischen Function. Bei den Protisten, bei den einzelligen Pflanzen und Urthieren, besteht der ganze Organismus zeitlebens nur aus einer einzigen Zelle. Hingegen bei der grossen Mehrzahl der Thiere und Pflanzen stellt der Organismus bloss im ersten Anfange seiner individuellen Existenz eine einfache Zelle dar, späterhin bildet er eine Zellengesellschaft, oder richtiger einen organisirten Zellenstaat. Unser eigener Körper ist in Wirklichkeit nicht eine einfache Lebenseinheit, wie zunächst die allgemein gültige, naive Auffassung des Menschen anzunehmen sich gestattet. Vielmehr ist unser Leib in Wahrheit eine höchst zusammengesetzte sociale Gemeinschaft von zahllosen mikroskopischen Organismen, eine Colonie oder ein Staat, der aus unzähligen selbstständigen Lebenseinheiten besteht, aus verschiedenartigen Zellen. [41])

Der Ausdruck Zelle ist eigentlich unglücklich gewählt; SCHLEIDEN, der ihn zuerst im Sinne der Zellentheorie in die Wissenschaft einführte, nannte die kleinen Elementar-Organismen »Zellen«, weil dieselben beim Durchschnitte der meisten Pflanzentheile als Fächer erscheinen, welche, ähnlich den Fächern oder Zellen einer Bienenwabe, mit festen Wänden zusammenstossen und mit einer Flüssigkeit oder einer weichen breiartigen Masse gefüllt sind. Dieser auch von SCHWANN angenommene Begriff von der Zelle, als ein geschlossenes

Säckchen oder Bläschen, welches mit einer Flüssigkeit angefüllt und von einer festen Hülle oder Wand umgeben ist, hat sich lange Zeit hindurch erhalten: aber gerade auf die meisten Zellen des Thierkörpers ist er gar nicht anwendbar. Je weiter man in der Erkenntniss der Zellen des Thierkörpers gelangte, desto mehr sah man ein, dass man den Zellenbegriff ganz anders fassen müsse. Gegenwärtig wird daher allgemein die Zelle definirt als ein lebendiges, festweiches oder festflüssiges (weder festes noch flüssiges), dichtes Körperchen von eiweissartiger chemischer Beschaffenheit, in welchem ein anderes

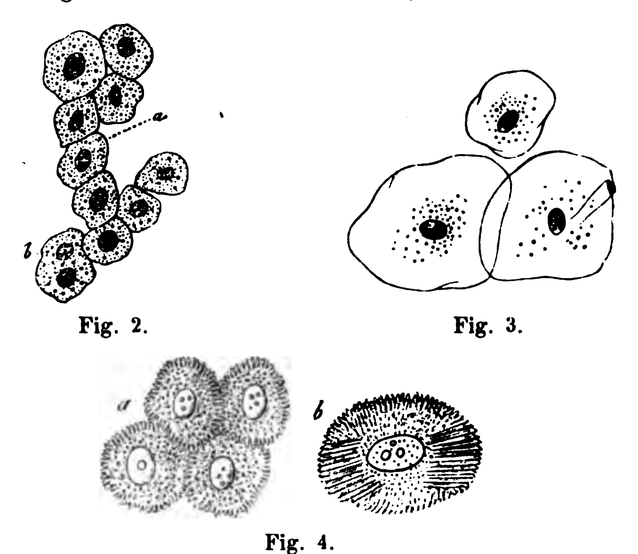


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 4.

rundliches (meist festeres und ebenfalls eiweissartiges) Körperchen eingeschlossen ist. Eine Umhüllung oder Membran kann zwar vorhanden sein, wie es bei den meisten Pflanzenzellen der Fall ist; sie kann aber auch fehlen, wie bei den meisten Thierzellen. Ursprünglich fehlt sie immer. Die Gestalt der jungen Zellen ist meist rundlich, später höchst mannichfaltig. Als Beispiele vergleichen Sie die Zellen aus verschiedenen Theilen des menschlichen Körpers in Fig. 2—6.

Das Wesentliche des Zellenbegriffes im heutigen Sinne besteht also in der Zusammensetzung des Zellenkörpers aus zwei verschiedenen Theilen. Der eine Bestandtheil ist der innere und heisst

Fig. 2. Zehn Zellen aus der Leber, eine davon (b) mit zwei Kernen.

Fig. 3. Drei Epithelzellen von der Mundschleimhaut der Zunge.

Fig. 4. Fünf Stachel- oder Riffzellen, mit ineinander gefügten Rändern, aus der Oberhaut oder Epidermis; eine davon (b) ist isolirt.

Zellenkern (*Nucleus* oder *Cytoblastus*); er ist meistens von rundlicher, eiförmiger oder kugeliger Gestalt, meist fester, seltener weicher als der Zellstoff und besteht aus einer eigenthümlichen eiweissartigen Substanz, dem Nuclein oder Kernstoff; der zweite wesentliche Bestandtheil jeder Zelle ist der Zellenschleim oder »Zellenstoff«, das

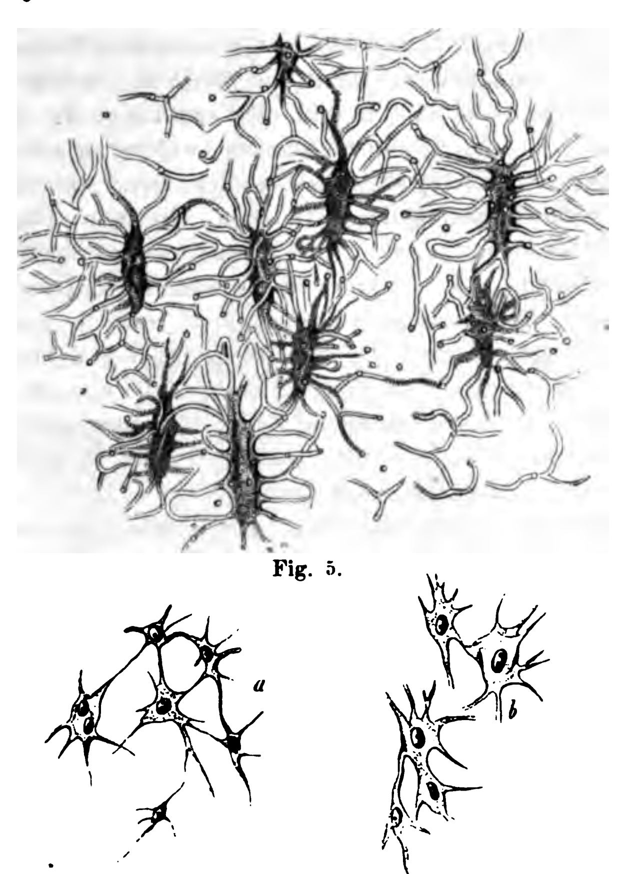


Fig. 5.

Fig. 6.

Protoplasma oder der Urschleim (im Sinne der älteren Naturphilosophie). Auch dieses Protoplasma, welches den Kern umgiebt, gehört seiner chemischen Zusammensetzung nach in die Gruppe der eiweissartigen Körper, ist also eine Kohlenstoffverbindung, welche Stickstoffatome enthält. Sie befindet sich zeitlebens in einem weichen,

---

Fig. 5. Neun sternförmige Knochenzellen mit verästelten Ausläufern.

Fig. 6. Elf sternförmige Zellen aus dem Schmelzorgan eines Zahnes, durch ihre verästelten Ausläufer zusammenhängend.

weder festen noch flüssigen Dichtigkeits- oder Aggregats-Zustande. Die Eiweissverbindung des Protoplasma ist zwar derjenigen des Kernes ähnlich, aber doch wesentlich und constant verschieden.

Nucleus und Protoplasma, der innere Zellkern und der äussere Zellschleim, sind die beiden einzigen wesentlichen Bestandtheile jeder echten Zelle. Alles Uebrige, was sonst in der Zelle und an derselben noch vorkommt, ist von secundärer Bedeutung, da es sich erst nachträglich entwickelt: die Membran, welche mannichfach zusammengesetzt und oft sehr dick sein kann; die »Zwischenzellmassen« oder Intercellular-Substanzen, welche zwischen den an einander liegenden Zellen abgelagert werden; ferner die verschiedenartigsten Inhaltsbestandtheile: Fettkugeln, Krystalle, Farbstoffkörner, Wasserbläschen u. s. w. Alles das sind untergeordnete und passive Bestandtheile, die erst durch die Lebensthätigkeit des Zellstoffs gebildet oder von aussen aufgenommen sind, und die uns hier zunächst nicht interessiren. Der Zellenkern und der Zellenstoff sind allein die beiden activen, für den Begriff der Zelle wesentlichen, und niemals fehlenden Bestandtheile des Zellen-Organismus.

Als Gegenstück zu der einfachen Eizelle (Fig. 1, S. 100) lassen Sie uns einmal zum Vergleich eine grosse Nervenzelle oder Ganglienzelle aus dem Gehirn betrachten. Die Eizelle repräsentirt potentiell das ganze Thier; d. h. sie besitzt die Fähigkeit, aus sich allein den ganzen vielzelligen Thierkörper hervorzubilden; sie ist die gemeinsame Stammmutter aller der Generationen von zahllosen Zellen, die sich zu den verschiedenen Geweben des Thierkörpers ausbilden: sie vereinigt deren verschiedenartige Kräfte in gewissem Sinne in sich, aber nur potentiell, nur der Anlage nach. Im grössten Gegensatze dazu ist die Nervenzelle des Gehirns (Fig. 7) höchst einseitig ausgebildet. Sie vermag nicht gleich der Eizelle zahlreiche Zellen-Generationen zu erzeugen, von denen sich die einen zu Hautzellen, die anderen zu Fleischzellen, die dritten zu Knochenzellen u. s. w. umbilden. Dafür besitzt aber die Nervenzelle, welche sich zu den höchsten Lebensthätigkeiten ausgebildet hat, die Fähigkeit zu empfinden, zu wollen, zu denken. Sie ist eine wahre Seelenzelle, ein Elementar-Organ der Seelenthätigkeit. Dem entsprechend besitzt sie eine höchst verwickelte feinere Structur. Unzählige äusserst feine Fäden, vergleichbar den zahlreichen elektrischen Drähten einer grossen Central-Telegraphen-Station, ziehen sich mannichfach durchkreuzt durch das feinkörnige Protoplasma der Nervenzelle hin und begeben sich in die verästelten Ausläufer, die von dieser Seelenzelle

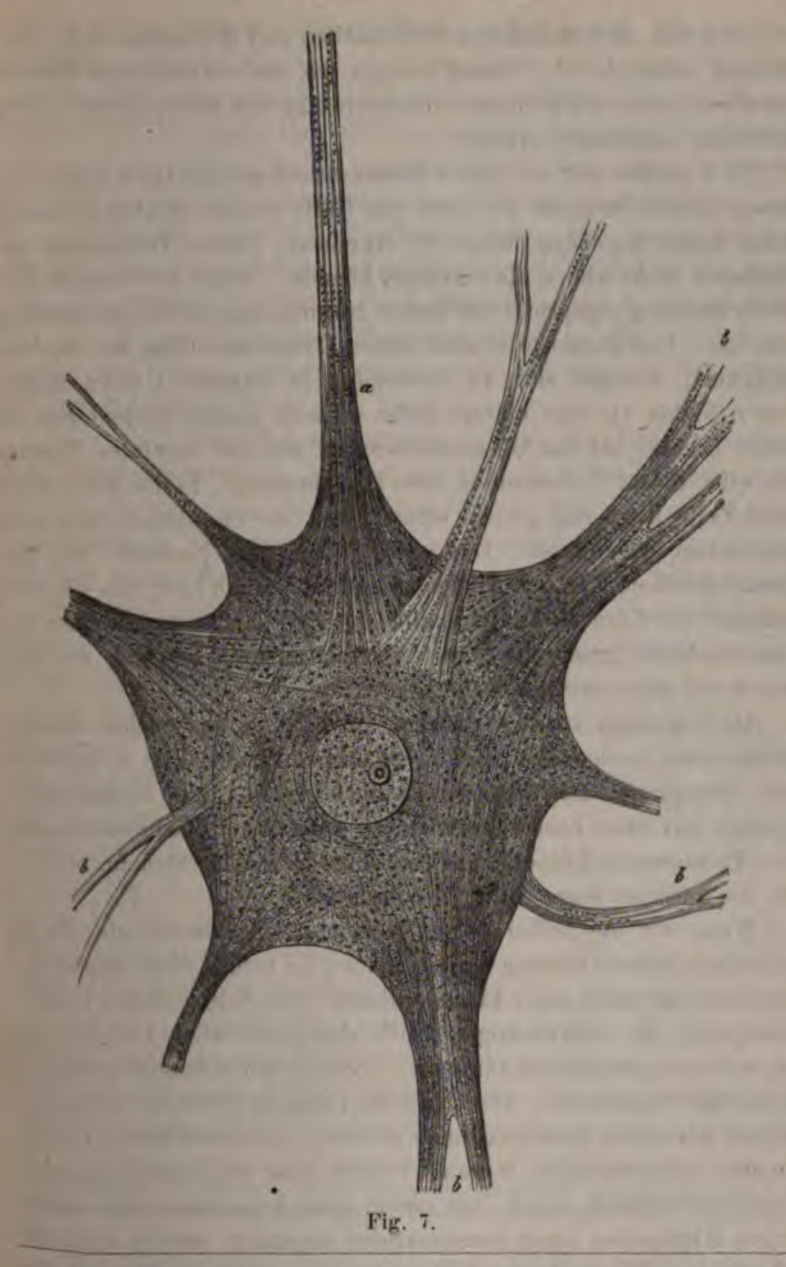


Fig. 7.

Fig. 7. Eine grosse verästelte Nervenzelle oder »Seelenzelle« aus dem Gehirn eines elektrischen Fisches (Torpedo), 600mal vergrössert. In der Mitte der Zelle liegt der grosse helle kugelige Kern (*Nucleus*), der ein Kernkörperchen (*Nucleolus*) und in diesem einen Kernpunkt (*Nucleolinus*) umschliesst. Das Protoplasma der Zelle ist in zahllose feine Fäden (oder Fibrillen) zerfallen, die in einer feinkörnigen

ausgehen und sie mit anderen Nervenzellen und Nervenfasern in Verbindung setzen (a, b). Kaum können wir die verwickelten Bahnen derselben in der feinkörnigen Grundsubstanz des Protoplasma-Leibes theilweise annähernd verfolgen.

Hier stehen wir vor einem höchst zusammengesetzten Apparate, dessen feinere Structur wir auch mit Hülfe unserer stärksten Mikroskope kaum begonnen haben zu erkennen, dessen Bedeutung wir überhaupt mehr ahnen als erkennen können. Seine verwickelte Zusammensetzung entspricht der höchst zusammengesetzten psychischen Function. Und dennoch ist auch dieses Elementar-Organ der Seelenthätigkeit, welches sich zu Tausenden in unserem Gehirn findet, weiter Nichts als eine einzige Zelle. Unser ganzes Seelenleben ist weiter Nichts, als das Gesammt-Resultat aus der vereinten Thätigkeit aller dieser Nervenzellen oder Seelenzellen. In der Mitte einer jeden Zelle liegt eine grosse helle Kugel, die ein kleines dunkleres Körperchen umschliesst. Das ist der Kern oder Nucleus, der das Kernkörperchen oder den Nucleolus enthält. Auch hier, wie überall, bestimmt der Kern die Individualität der Zelle und beweist, dass das ganze Gebilde trotz seiner verwickelten feineren Structur nur den Formwerth einer einzigen Zelle besitzt.

Im Gegensatz zu dieser höchst entwickelten und höchst einseitig differenzirten Seelenzelle (Fig. 7) ist unsere Eizelle (Fig. 1) noch gar nicht differenzirt. Doch müssen wir auch hier aus ihren Lebenseigenschaften auf eine höchst verwickelte chemische Zusammensetzung ihres Protoplasma-Körpers, auf eine feine Molecular-Structur schliessen, die unserem Auge völlig verborgen ist.

Wenn wir die Zellen als die Elementar-Organismen oder als die Individuen erster Ordnung bezeichneten, so bedarf diese Begriffsbestimmung eigentlich einer Einschränkung. Die Zellen stellen nämlich keineswegs die allerniedrigste Stufe der organischen Individualität dar, wie man gewöhnlich annimmt. Vielmehr giebt es noch einfachere Elementar-Organismen, die wir gleich beiläufig berühren wollen und auf die wir später zurückkommen werden. Das sind die Cytoden: lebende, selbstständige Wesen, welche blos aus einem Stückchen Plasson bestehen, d. h. aus einem ganz homogenen oder gleichartigen Klümpchen einer eiweissartigen Substanz, welche noch nicht in Nucleus und Protoplasma differenzirt ist, sondern die Eigenschaften beider vereinigt enthält. Solche Cytoden sind z. B. die merkwürdigen Moneren. (Vergl. den XVI. Vortrag). Strenggenommen müssen wir also sagen: der Elementar-Organismus oder »das Individuum

erster Ordnung« tritt in zwei verschiedenen Stufen auf. Die erste und niedrigste Stufe ist die Cytode, die bloss aus einem Stückchen Plasson oder ganz einfachem »Urschleim« besteht. Die zweite und höhere Stufe ist die Zelle, welche bereits in Kern und Protoplasma differenzirt ist. Beide Stufen, Cytoden und Zellen, fassen wir unter dem Begriffe der Bildnerinnen oder Plastiden zusammen, weil sie in Wahrheit allein den Organismus bilden[42]. Allein bei den höheren Thieren und Pflanzen kommen solche Cytoden in der Regel nicht vor, sondern nur wirkliche Zellen, die einen Kern enthalten. Hier ist also das Elementar-Individuum immer bereits aus zwei verschiedenen Theilen zusammengesetzt, aus dem äusseren Zellschleim und dem inneren Zellkern.

Um sich nun wirklich zu überzeugen, dass jede Zelle ein selbstständiger Organismus ist, braucht man blos die Lebenserscheinungen und die Entwickelung eines solchen kleinen Wesens zu verfolgen. Man sieht dann, dass dasselbe alle die wesentlichen Lebensfunctionen vollzieht, welche der ganze Organismus ausübt. Jedes dieser kleinen Wesen wächst und ernährt sich selbstständig. Es nimmt Säfte von aussen auf, die es aus der umgebenden Flüssigkeit aufsaugt: ja die nackten Zellen können sogar feste Körperchen an beliebigen Stellen ihrer Oberfläche aufnehmen, also »fressen«, ohne dass sie dazu Mund und Magen nöthig hätten (vergl. Fig. 15). Jede einzelne Zelle ist ferner im Stande, sich fortzupflanzen und zu vermehren (Fig. 8). Diese Vermehrung geschieht in den meisten Fällen durch einfache Theilung, und zwar zerfällt zunächst der Kern durch Einschnürung in zwei Stücke, worauf dann das Protoplasma ebenfalls in zwei Theile sich trennt.

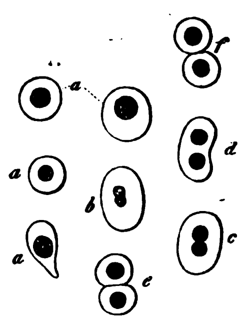


Fig. 8.

Ferner ist die einzelne Zelle im Stande, sich zu bewegen und herumzukriechen, wenn sie Raum zu freier Bewegung hat und

---

Zwischensubstanz eingebettet sind und sich in die verästelten Ausläufer der Zelle (*b*) fortsetzen. Ein unverästelter Ausläufer (*a*) geht in eine Nervenfaser über. (Nach Max Schultze.)

Fig. 8. Blutzellen, welche sich durch Theilung vermehren, aus dem Blute eines jungen Hirsch-Embryo. Jede Blutzelle hat ursprünglich einen Kern und ist kugelig (*a*). Sobald sie sich vermehren will, zerfällt zunächst der Zellenkern oder Nucleus in zwei Kerne (*b*, *c*, *d*). Dann schnürt sich auch der Protoplasmakörper zwischen den beiden Kernen ein, die sich von einander entfernen (*e*). Endlich wird diese Einschnürung vollständig und die ganze Zelle zerfällt in zwei Tochterzellen (*f*). (Nach Frey.)

nicht durch eine feste Hülle daran gehindert ist; sie streckt dann oberflächlich fingerförmige Fortsätze aus, die sie bald wieder einzieht und wobei sie ihre Form wechselt (Fig. 9). Endlich ist die junge Zelle empfindlich, mehr oder weniger reizbar: auf Einwirkung von chemischen und mechanischen Reizen führt sie gewisse Bewegungen aus. Wir können also an jeder einzelnen Zelle alle die wesentlichen Functionen verfolgen, die wir unter dem besonderen Gesammtbegriff des Lebens zusammenfassen: Empfindung, Bewegung, Ernährung, Fortpflanzung. Alle diese Eigenschaften, die das vielzellige hochentwickelte Thier besitzt, kommen bei jeder einzelnen Thierzelle schon vor, wenigstens in ihrem Jugendzustande. Ueber diese Thatsache existirt gegenwärtig kein Zweifel mehr, und wir können dieselbe also als Grundlage unserer physiologischen Auffassung des Elementar-Organismus betrachten.



Fig. 9.

Ohne uns nun hier weiter auf die höchst interessanten Erscheinungen des Zellenlebens einzulassen, wollen wir sogleich die Anwendung der Zellentheorie auf das Ei versuchen. Hier ergiebt sich nun aus der vergleichenden Untersuchung das hochwichtige Resultat, dass *jedes Ei ursprünglich eine einfache Zelle ist.* Das ist deshalb von der grössten Bedeutung, weil die ganze Ontogenie sich demnach in das Problem auflöst: »Wie entsteht aus einem einzelligen Organismus ein vielzelliger?« Jedes organische Individuum ist ursprünglich eine einfache Zelle und als solche ein Elementar-Organismus, oder ein Individuum erster Ordnung. Erst später entsteht durch Theilung dieser Zelle ein Zellenhaufen, aus dem sich der vielzellige Organismus, ein Individuum höherer Ordnung, hervorbildet.

Wenn wir nun zunächst die ursprüngliche Beschaffenheit der Ei-

---

Fig. 9. *Bewegliche Zellen aus einem entzündeten Froschauge* (aus der wässerigen Feuchtigkeit des Auges oder dem Humor aqueus). Die nackten Zellen bewegen sich lebhaft kriechend umher, indem sie Amoeben oder Rhizopoden gleich feine Fortsätze aus ihrem nackten Protoplasmakörper ausstrecken. Diese Fortsätze ändern beständig ihre Zahl, Gestalt und Grösse. Der Kern dieser amoebenartigen Lymphzellen ist nicht sichtbar, weil ihn die zahlreichen feinen Körnchen verdecken, die in dem Protoplasma zerstreut sind. (Nach Frey).

zelle selbst etwas näher betrachten, so bemerken wir die ausserordentlich wichtige Thatsache, dass in ihrem ursprünglichen Zustande die Eizelle bei allen Thieren und beim Menschen dieselbe einfache und indifferente Bildung besitzt, so dass man nicht im Stande ist, irgend

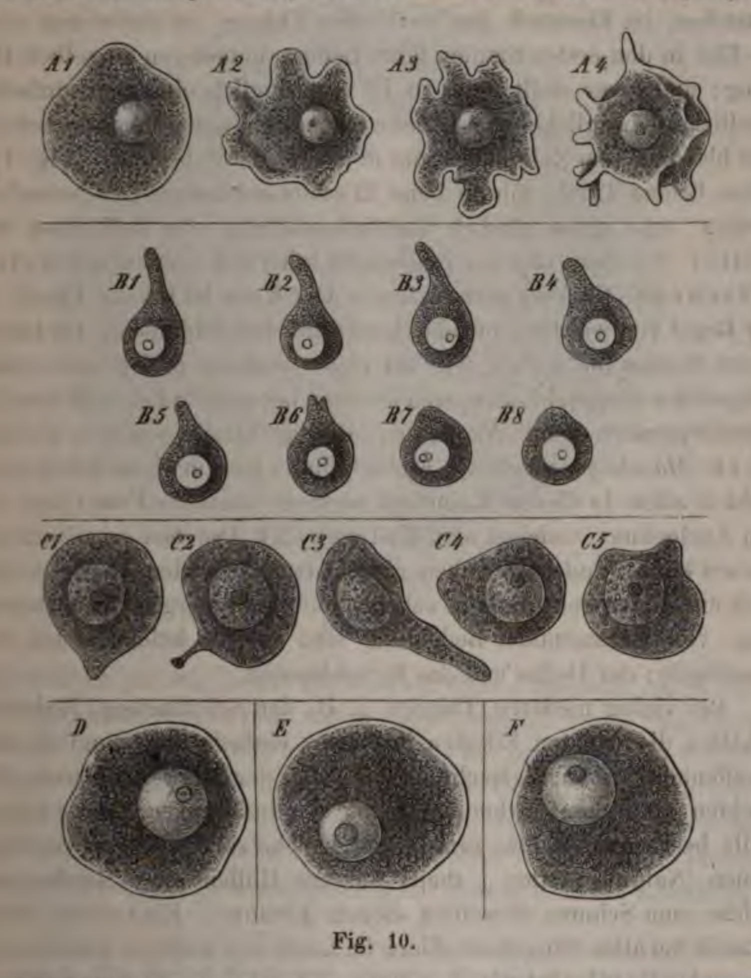


Fig. 10.

Fig. 10. Ur-Eier verschiedener Thiere, amoeboide Bewegungen ausführend, sehr stark vergrössert. Alle Ur-Eier sind nackte formveränderliche Zellen. In dem dunkeln feinkörnigen Protoplasma (Eidotter) liegt ein grosser bläschenförmiger Kern (Keimbläschen), und in diesem ein Kernkörperchen (Keimfleck), in dem oft noch ein Keimpunkt sichtbar ist. Fig. *A 1 — A 4*. Ein Ur-Ei eines Kalkschwammes (*Leuculmis echinus*), in vier aufeinander folgenden Bewegungs-Zuständen. Fig. *B 1 — B 8*. Ein Ur-Ei eines Schmarotzer-Krebses (*Chondracanthus cornutus*), in acht auf einander folgenden Bewegungs-Zuständen. (Nach EDUARD VAN BENEDEN.) Fig. *C 1 — C 5*. Ur-Eier der Katze, in verschiedenen Bewegungs-Zuständen. (Nach PFLÜGER.) Fig. *D*. Ein Ur-Ei der Forelle. Fig. *E*. Ein Ur-Ei des Hühnchens. Fig. *F*. Ein Ur-Ei des Menschen.

welche wesentlichen Unterschiede zwischen ihnen aufzufinden. Späterhin sind die Eier, obwohl sie einzellig bleiben, doch sehr verschieden an Grösse und Gestalt, haben verschiedene Umhüllungen u. s. w. Wenn man aber die Eier an ihrer Geburtsstätte aufsucht, da wo sie entstehen, im Eierstock des weiblichen Thieres, so findet man diese Ur-Eier in den ersten Stadien ihres Lebens immer von derselben Bildung; und zwar stellt jedes Ur-Ei ursprünglich eine ganz einfache, rundliche, bewegliche, nackte Zelle dar, welche keine Membran besitzt, und blos aus dem Zellenkern und dem Zellenstoff besteht. (Fig. 10.) Diese beiden Theile führen beim Ei schon seit langer Zeit besondere Namen: man nennt nämlich den Zellenschleim oder Zellenstoff hier Dotter (*Vitellus*), und der Zellenkern führt den Namen des Keimbläschens (*Vesicula germinativa*). Der Kern ist bei der Eizelle in der Regel von weicher, oft bläschenartiger Beschaffenheit. Im Innern dieses Kernes findet sich, wie bei vielen anderen Zellen, ein drittes Körperchen eingeschlossen, welches man bei gewöhnlichen Zellen das Kernkörperchen nennt (*Nucleolus*). Bei der Eizelle heisst es Keimfleck (*Macula germinativa*). Endlich findet man in vielen Eiern (aber nicht in allen) in diesem Keimfleck noch ein innerstes Pünktchen, einen Nucleolinus, welchen man Keimpunkt (*Punctum germinativum*) nennen kann. Indessen haben diese letzteren beiden Theile (Keimfleck und Keimpunkt), wie es scheint, nur eine untergeordnete Bedeutung; von fundamentaler Bedeutung sind nur die beiden ersten Bestandtheile: der Dotter und das Keimbläschen.

Bei vielen niederen Thieren (z. B. den Schwämmen, Medusen) behalten die nackten Eizellen ihre ganz einfache ursprüngliche Beschaffenheit bis zur Befruchtung bei. Bei den meisten Thieren aber erleiden sie schon vorher bestimmte Veränderungen: sie erhalten theils bestimmte Zusätze zum Dotter, welche zur Ernährung des Eies dienen (Nahrungsdotter), theils äussere Hüllen oder Membranen, welche zum Schutze desselben dienen (Eihäute). Eine solche Hülle entsteht bei allen Säugethier-Eiern im Laufe der weiteren Ausbildung. Die kleine Kugel wird mit einer dicken Kapsel von vollkommen durchsichtiger, glasartiger Beschaffenheit umgeben, welche den besonderen Namen: *Zona pellucida* oder *Chorion* führt. (Fig. 11.) Wenn wir diese letztere recht genau mit dem Mikroskop betrachten, können wir darin sehr feine radiale Striche wahrnehmen, welche die Zona durchziehen und nichts anderes als sehr feine Canäle sind. Das Ei des Menschen ist von dem der meisten anderen Säugethiere sowohl im unreifen als auch im ausgebildeten Zustande nicht zu unterscheiden.

Seine Form, seine Grösse, seine Zusammensetzung bleibt überall nahezu dieselbe. In völlig ausgebildetem Zustande beträgt sein Durchmesser durchschnittlich $\frac{1}{10}$ Linie oder 0,2 Mm. Wenn man das

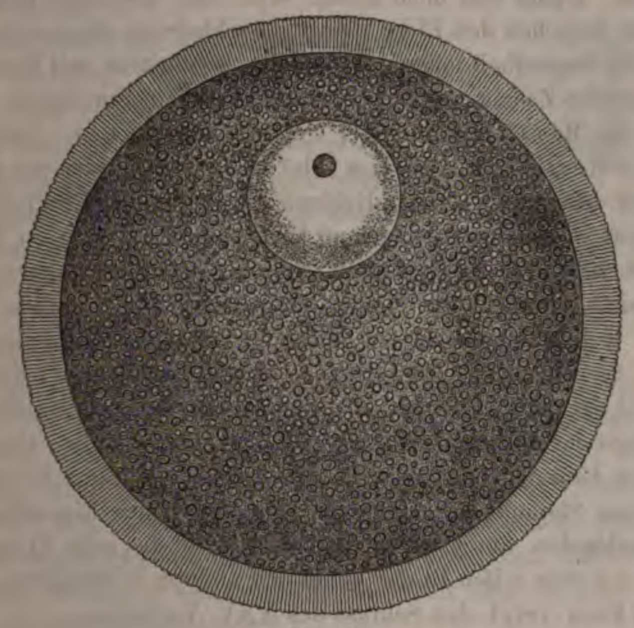


Fig. 11.

Säugethier-Ei gehörig isolirt hat und auf einer Glasplatte gegen das Licht hält, kann man es eben mit blossem Auge als feines Pünktchen erkennen. Dieselbe Grösse haben die Eier der meisten höheren Säugethiere. Fast immer beträgt der Durchmesser der kugeligen Eizelle zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{20}$ Linie ($\frac{1}{5}$—$\frac{1}{10}$ Millimeter). Immer hat sie dieselbe Kugelform; immer dieselbe charakteristische dicke Hülle; immer dasselbe helle kugelige Keimbläschen mit seinem dunkeln Keimfleck.

Fig. 11. **Das Ei des Menschen**, aus dem Eierstock des Weibes genommen, sehr stark vergrössert. Das ganze Ei ist eine einfache kugelrunde Zelle. Die Hauptmasse der kugeligen Eizelle wird durch den **Eidotter** oder den körnigen **Zellstoff** (Protoplasma) gebildet, der aus zahllosen feinen Dotterkörnchen und ein wenig Zwischenmasse zwischen denselben besteht. Oben im Dotter liegt das helle kugelige **Keimbläschen**, welches dem **Zellkern** (Nucleus) entspricht. Dieses enthält ein dunkleres Körnchen, den **Keimfleck**, welcher das **Kernkörperchen** (Nucleolus) darstellt. Umschlossen ist der kugelige Dotter von der dicken hellen **Eihaut** (Zona pellucida oder Chorion). Diese ist von sehr zahlreichen, radial gegen den Mittelpunkt der Kugel gerichteten haarfeinen Linien durchzogen, den **Porencanälen**, durch welche bei der Befruchtung die fadenförmigen beweglichen Samenzellen in den Eidotter eindringen.

Auch wenn wir das beste Mikroskop mit der stärksten Vergrösserung anwenden, sind wir nicht im Stande, einen wesentlichen Unterschied zwischen dem Ei des Menschen, des Affen, des Hundes u. s. w. zu entdecken. Damit soll nicht gesagt sein, dass überhaupt keine Unterschiede zwischen den Eiern dieser verschiedenen Säugethiere existiren. Im Gegentheil müssen wir solche, wenigstens mit Bezug auf die chemische Zusammensetzung, ganz allgemein annehmen. Auch die Eier der Menschen sind unter sich alle verschieden. Nach dem Gesetze der individuellen Abänderung müssen wir annehmen, dass »alle organischen Individuen von Beginn ihrer individuellen Existenz an ungleich, wenn auch oft höchst ähnlich sind« (Gen. Morph. Bd. II, S. 202). Aber mit unseren rohen und unvollkommenen Hülfsmitteln sind wir nicht im Stande, diese feinen individuellen Unterschiede, welche oft nur in der Molecular-Structur zu suchen sind, wirklich zu erkennen. Für die gemeinsame Abstammung des Menschen und der übrigen Säugethiere bleibt aber trotzdem die auffallende morphologische Aehnlichkeit ihrer Eier, die uns als völlige Gleichheit erscheinen kann, sehr beweisend. Die gleiche Keimform beweist die gemeinsame Stammform. Hingegen sind auffallende Eigenthümlichkeiten vorhanden, durch welche man sehr leicht das reife Ei der Säugethiere von dem reifen Ei der Vögel und anderer Wirbelthiere unterscheiden kann (vergl. den Schluss des XXV. Vortrages).

Besonders verschieden ist das reife Ei des Vogels, obgleich dasselbe als Ur-Ei (Fig. 10 E) ursprünglich auch dem der Säugethiere ganz gleich ist. Allein später nimmt hier die Eizelle noch innerhalb des Eileiters eine Masse von Nahrung in sich auf, die sie zu dem bekannten mächtigen gelben Dotter verarbeitet. Wenn man ein ganz junges Ei im Eierstocke des Huhnes untersucht, so findet man dasselbe ganz gleich den jungen Eizellen der Säugethiere oder anderer Thiere (Fig. 10). Später wächst es aber so beträchtlich, dass es sich zu der bekannten gelben Dotterkugel ausdehnt. Der Kern der Eizelle oder das Keimbläschen wird dadurch ganz an die Oberfläche der kugeligen Eizelle gedrängt und ist hier in eine geringe Menge von hellerem, sogenanntem weissen Dotter eingebettet. Dieser bildet daselbst einen kreisrunden weissen Fleck, der unter dem Namen des Hahnentritts oder der Narbe (*Cicatricula*) bekannt ist (Fig. 12 *b*). Von der Narbe aus setzt sich ein dünner Strang von weisser Dottermasse durch den gelben Dotter hindurch bis zur Mitte der kugeligen Zelle fort, wo er in eine kleine centrale Kugel (die fälschlich sogenannte Dotterhöhle oder *Latebra*, Fig. 12 *d'*) anschwillt. Die gelbe Dottermasse, welche die-

sen weissen Dotter umgiebt, erscheint am erhärteten Ei concentrisch geschichtet (*c*). Aeusserlich ist der gelbe Dotter von einer zarten structurlosen Dotterhaut (*Membrana vitellina*) umgeben (*a*).

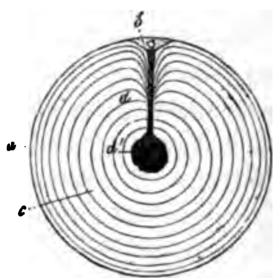


Fig. 12.

Neuerdings hat sich vielfach die Ansicht verbreitet, dass die grosse gelbe Eizelle des Vogels (die bei den grössten Vögeln mehrere Zoll Durchmesser erreicht) nicht mehr als eine einfache Zelle betrachtet werden könne. Wir müssen aber mit GEGENBAUR diese Ansicht für irrthümlich halten. Die unbefruchtete und ungetheilte Eizelle des Vogels bleibt mit ihrem einfachen Kerne eine einfache Zelle, mag dieselbe noch so sehr durch Production gelber Dottermasse anwachsen. Jedes Thier, welches einen einzigen Zellenkern enthält, jede Amoebe, jede Gregarine, jedes Infusionsthierchen, ist einzellig, und bleibt einzellig, wenn es auch noch so viel verschiedene Stoffe frisst. Ebenso bleibt die Eizelle eine einfache Zelle, mag sie später noch so viel gelben Nahrungsdotter im Innern ihres Protoplasma anhäufen. GEGENBAUR hat dies in seiner trefflichen Arbeit über die Eier der Wirbelthiere klar nachgewiesen [43].

Anders verhält sich das Vogel-Ei natürlich, sobald es befruchtet wird. Dann zerfällt sein Keimbläschen oder der Zellenkern durch wiederholte Theilung in viele Kerne, und ebenso theilt sich entsprechend das Protoplasma der Narbe oder des Hahnentrittes, welches dieselben umgiebt. Dann besteht das Vogel-Ei aus so vielen Zellen, als Kerne in der Narbe vorhanden sind. An dem befruchteten und gelegten Vogel-Ei, das wir täglich verzehren, ist daher die gelbe Dotterkugel bereits ein vielzelliger Körper. Ihre Narbe ist aus vielen Zellen zusammengesetzt und wird nun als Keimscheibe (oder *Discus blastodermicus*) bezeichnet. Wir werden später darauf zurückkommen (im achten Vortrag).

Nachdem das reife Vogel-Ei (Fig. 12) aus dem Eierstock ausgetreten und im Eileiter befruchtet worden ist, umgiebt sich dasselbe

Fig. 12. Eine reife Eizelle aus dem Eierstock des Huhnes. Der gelbe Nahrungsdotter (*c*) ist aus vielen concentrischen Schichten (*d*) zusammengesetzt und von einer dünnen Dotterhaut (*a*) umhüllt. Der Zellenkern oder das Keimbläschen liegt oben in der Narbe (*b*). Von da setzt sich der weisse Dotter bis in die centrale Dotterhöhle fort (*d'*). Doch sind beide Dotterarten nicht scharf geschieden.

mit verschiedenen Hüllen, die von der Wand des Eileiters ausgeschieden werden. Zunächst um die gelbe Dotterkugel lagert sich die mächtige klare Eiweissschicht ab; ferner die äussere harte Kalkschale, an der innen noch eine feine Schalenhaut anliegt. Alle diese nachträglich um das Ei gebildeten Hüllen und Zusätze sind für die Bildung des Embryo von keiner Bedeutung: es sind Theile, die mit der ursprünglichen einfachen Eizelle nichts zu thun haben. Auch bei anderen Thieren finden wir oft ausserordentlich grosse Eier mit mächtigen Hüllen, z. B. beim Haifische. Auch hier ist ursprünglich das Ei eigentlich ganz dasselbe wie beim Säugethiere, nämlich eine ganz einfache nackte Zelle. Dann aber wird auch hier, wie beim Vogel, eine beträchtliche Quantität von Nahrungsdotter innerhalb des ursprünglichen Eidotters angesammelt: Proviant für den entstehenden Embryo; aussen um das Ei werden verschiedene Hüllen gebildet. Aehnliche innere und äussere Zugaben erhält die Eizelle auch bei vielen anderen Thieren. Da dieselben aber überall von untergeordneter Bedeutung für die Keimbildung selbst sind, theils als Nahrungsmittel vom Embryo verzehrt werden, theils nur als schützende Umhüllung desselben dienen, so können wir sie hier ganz ausser Acht lassen, und wollen uns nur an das Wichtigste halten: an die wesentliche Gleichheit der ursprünglichen Eizelle beim Menschen und bei den übrigen Thieren (Fig. 10).

Lassen Sie uns nun hier zum ersten Male von unserem biogenetischen Grundgesetze Gebrauch machen und unmittelbar dieses fundamentale Causal-Gesetz der Entwickelungsgeschichte auf die Eizelle des Menschen anwenden. Wir kommen dann zu einem höchst einfachen, aber höchst bedeutsamen Schlusse. Aus der einzelligen Beschaffenheit des menschlichen Eies und des Eies der übrigen Thiere folgt nach dem biogenetischen Grundgesetze unmittelbar der Schluss, dass alle Thiere mit Inbegriff des Menschen ursprünglich von einem einzelligen Organismus abstammen. Wenn wirklich jenes Grundgesetz wahr ist, wenn wirklich die Keimesgeschichte ein Auszug oder eine verkürzte Wiederholung der Stammesgeschichte ist — und wir können nicht daran zweifeln —), dann müssen wir aus der Thatsache, dass alle Eier ursprünglich einfache Zellen sind, nothwendig die Folgerung ziehen, dass alle vielzelligen Organismen ursprünglich von einem einzelligen Organismus abstammen. Da nun aber die ursprüngliche Eizelle beim Menschen und allen Thieren dieselbe einfache und indifferente Beschaffenheit besitzt, so werden wir auch mit

einiger Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, dass jene einzellige Stammform der gemeinsame einzellige Stamm-Organismus für das ganze Thierreich, den Menschen mit inbegriffen, war. Doch ist diese letztere Hypothese keineswegs so absolut sicher, wie jene erste Folgerung.

Der Rückschluss aus der einzelligen Keimform auf die einzellige Stammform ist so einfach, aber doch auch so bedeutungsvoll, dass nicht genug Gewicht auf denselben gelegt werden kann. Wir müssen daher zunächst die Frage aufwerfen, ob es vielleicht noch heutzutage einzellige Organismen giebt, aus deren Form wir annähernd auf die einzellige Ahnenform der vielzelligen Organismen schliessen dürfen? Die Antwort auf diese Frage lautet: Allerdings! Ganz gewiss giebt es noch jetzt einzellige Organismen, die ihrer ganzen Beschaffenheit nach eigentlich weiter nichts als eine permanente Eizelle sind: es giebt selbstständige einzellige Organismen, die sich nicht weiter entwickeln, die als einfache Zellen ihr ganzes Leben vollbringen und sich als solche fortpflanzen, ohne zu weiterer Entwickelung zu gelangen. Wir kennen jetzt eine grosse Anzahl solcher einzelliger Organismen, z. B. die Gregarinen, Flagellaten, Acineten, Infusorien u. s. w. Allein einer unter ihnen interessirt uns vor allen anderen, weil er bei jener Frage sofort in den Vordergrund tritt, und als die der wirklichen Stammform am meisten sich annähernde einzellige Urform angesehen werden muss. Dieser Organismus ist die Amoebe.

Unter dem Namen Amoeba fasst man schon seit langer Zeit eine Anzahl von mikroskopischen einzelligen Organismen zusammen, welche keineswegs selten sind, sondern im Gegentheil sehr verbreitet vorkommen, namentlich im süssen Wasser, aber auch im Meere; neuerdings hat man sie auch als Bewohner der feuchten Erde kennen gelernt. Wenn man eine solche lebende Amoebe in einem Tropfen Wasser unter das Mikroskop bringt und bei starker Vergrösserung betrachtet, so erscheint dieselbe gewöhnlich als ein rundliches Körperchen von

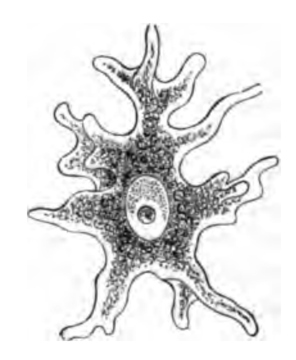


Fig. 13.

Fig. 13. Eine kriechende Amoebe (stark vergrössert). Der ganze Organismus hat den Formenwerth einer einfachen nackten Zelle und bewegt sich mittelst der veränderlichen Fortsätze umher, welche von seinem Protoplasma-Körper ausgestreckt und wieder eingezogen werden. Im Innern desselben ist der rundliche Zellkern oder Nucleus mit seinem Kernkörperchen verborgen.

weder festen noch flüssigen Dichtigkeits- oder Aggregats-Zustande. Die Eiweissverbindung des Protoplasma ist zwar derjenigen des Kernes ähnlich, aber doch wesentlich und constant verschieden.

Nucleus und Protoplasma, der innere Zellkern und der äussere Zellschleim, sind die beiden einzigen wesentlichen Bestandtheile jeder echten Zelle. Alles Uebrige, was sonst in der Zelle und an derselben noch vorkommt, ist von secundärer Bedeutung, da es sich erst nachträglich entwickelt: die Membran, welche mannichfach zusammengesetzt und oft sehr dick sein kann; die »Zwischenzellmassen« oder Intercellular-Substanzen, welche zwischen den an einander liegenden Zellen abgelagert werden; ferner die verschiedenartigsten Inhaltsbestandtheile: Fettkugeln, Krystalle, Farbstoffkörner, Wasserbläschen u. s. w. Alles das sind untergeordnete und passive Bestandtheile, die erst durch die Lebensthätigkeit des Zellstoffs gebildet oder von aussen aufgenommen sind, und die uns hier zunächst nicht interessiren. Der Zellenkern und der Zellenstoff sind allein die beiden activen, für den Begriff der Zelle wesentlichen, und niemals fehlenden Bestandtheile des Zellen-Organismus.

Als Gegenstück zu der einfachen Eizelle (Fig. 1, S. 100) lassen Sie uns einmal zum Vergleich eine grosse Nervenzelle oder Ganglienzelle aus dem Gehirn betrachten. Die Eizelle repräsentirt potentiell das ganze Thier; d. h. sie besitzt die Fähigkeit, aus sich allein den ganzen vielzelligen Thierkörper hervorzubilden; sie ist die gemeinsame Stammmutter aller der Generationen von zahllosen Zellen, die sich zu den verschiedenen Geweben des Thierkörpers ausbilden; sie vereinigt deren verschiedenartige Kräfte in gewissem Sinne in sich, aber nur potentiell, nur der Anlage nach. Im grössten Gegensatze dazu ist die Nervenzelle des Gehirns (Fig. 7) höchst einseitig ausgebildet. Sie vermag nicht gleich der Eizelle zahlreiche Zellen-Generationen zu erzeugen, von denen sich die einen zu Hautzellen, die anderen zu Fleischzellen, die dritten zu Knochenzellen u. s. w. umbilden. Dafür besitzt aber die Nervenzelle, welche sich zu den höchsten Lebensthätigkeiten ausgebildet hat, die Fähigkeit zu empfinden, zu wollen, zu denken. Sie ist eine wahre Seelenzelle, ein Elementar-Organ der Seelenthätigkeit. Dem entsprechend besitzt sie eine höchst verwickelte feinere Structur. Unzählige äusserst feine Fäden, vergleichbar den zahlreichen elektrischen Drähten einer grossen Central-Telegraphen-Station, ziehen sich mannichfach durchkreuzt durch das feinkörnige Protoplasma der Nervenzelle hin und begeben sich in die verästelten Ausläufer, die von dieser Seelenzelle

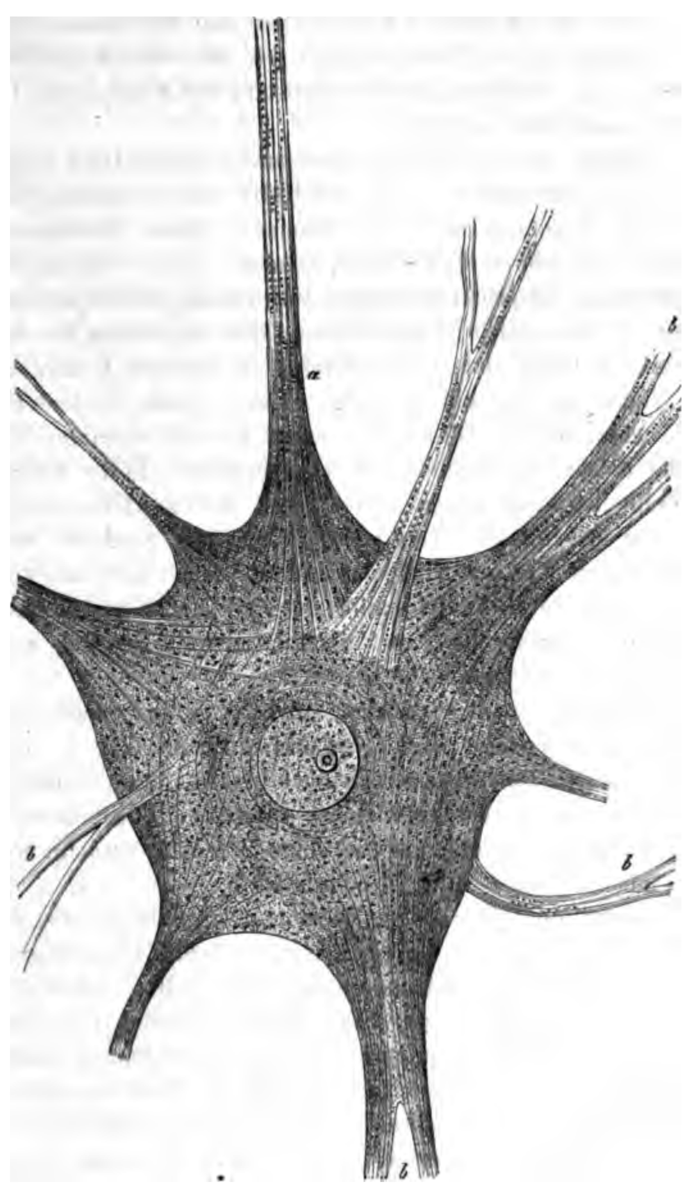


Fig. 7.

Fig. 7. Eine grosse verästelte Nervenzelle oder »Seelenzelle« aus dem Gehirn eines elektrischen Fisches (Torpedo), 600mal vergrössert. In der Mitte der Zelle liegt der grosse helle kugelige Kern (*Nucleus*), der ein Kernkörperchen (*Nucleolus*) und in diesem einen Kernpunkt (*Nucleolinus*) umschliesst. Das Protoplasma der Zelle ist in zahllose feine Fäden (oder Fibrillen) zerfallen, die in einer feinkörnigen

ausgehen und sie mit anderen Nervenzellen und Nervenfasern in Verbindung setzen (*a*, *b*). Kaum können wir die verwickelten Bahnen derselben in der feinkörnigen Grundsubstanz des Protoplasma-Leibes theilweise annähernd verfolgen.

Hier stehen wir vor einem höchst zusammengesetzten Apparate, dessen feinere Structur wir auch mit Hülfe unserer stärksten Mikroskope kaum begonnen haben zu erkennen, dessen Bedeutung wir überhaupt mehr ahnen als erkennen können. Seine verwickelte Zusammensetzung entspricht der höchst zusammengesetzten psychischen Function. Und dennoch ist auch dieses Elementar-Organ der Seelenthätigkeit, welches sich zu Tausenden in unserem Gehirn findet, weiter Nichts als eine einzige Zelle. Unser ganzes Seelenleben ist weiter Nichts, als das Gesammt-Resultat aus der vereinten Thätigkeit aller dieser Nervenzellen oder Seelenzellen. In der Mitte einer jeden Zelle liegt eine grosse helle Kugel, die ein kleines dunkleres Körperchen umschliesst. Das ist der Kern oder Nucleus, der das Kernkörperchen oder den Nucleolus enthält. Auch hier, wie überall, bestimmt der Kern die Individualität der Zelle und beweist, dass das ganze Gebilde trotz seiner verwickelten feineren Structur nur den Formwerth einer einzigen Zelle besitzt.

Im Gegensatz zu dieser höchst entwickelten und höchst einseitig differenzirten Seelenzelle (Fig. 7) ist unsere Eizelle (Fig. 1) noch gar nicht differenzirt. Doch müssen wir auch hier aus ihren Lebenseigenschaften auf eine höchst verwickelte chemische Zusammensetzung ihres Protoplasma-Körpers, auf eine feine Molecular-Structur schliessen, die unserem Auge völlig verborgen ist.

Wenn wir die Zellen als die Elementar-Organismen oder als die Individuen erster Ordnung bezeichneten, so bedarf diese Begriffsbestimmung eigentlich einer Einschränkung. Die Zellen stellen nämlich keineswegs die allerniedrigste Stufe der organischen Individualität dar, wie man gewöhnlich annimmt. Vielmehr giebt es noch einfachere Elementar-Organismen, die wir gleich beiläufig berühren wollen und auf die wir später zurückkommen werden. Das sind die Cytoden: lebende, selbstständige Wesen, welche blos aus einem Stückchen Plasson bestehen, d. h. aus einem ganz homogenen oder gleichartigen Klümpchen einer eiweissartigen Substanz, welche noch nicht in Nucleus und Protoplasma differenzirt ist, sondern die Eigenschaften beider vereinigt enthält. Solche Cytoden sind z. B. die merkwürdigen Moneren. (Vergl. den XVI. Vortrag). Strenggenommen müssen wir also sagen: der Elementar-Organismus oder »das Individuum

erster Ordnung« tritt in zwei verschiedenen Stufen auf. Die erste und niedrigste Stufe ist die Cytode, die bloss aus einem Stückchen Plasson oder ganz einfachem »Urschleim« besteht. Die zweite und höhere Stufe ist die Zelle, welche bereits in Kern und Protoplasma differenzirt ist. Beide Stufen, Cytoden und Zellen, fassen wir unter dem Begriffe der Bildnerinnen oder Plastiden zusammen, weil sie in Wahrheit allein den Organismus bilden[42]. Allein bei den höheren Thieren und Pflanzen kommen solche Cytoden in der Regel nicht vor, sondern nur wirkliche Zellen, die einen Kern enthalten. Hier ist also das Elementar-Individuum immer bereits aus zwei verschiedenen Theilen zusammengesetzt, aus dem äusseren Zellschleim und dem inneren Zellkern.

Um sich nun wirklich zu überzeugen, dass jede Zelle ein selbstständiger Organismus ist, braucht man blos die Lebenserscheinungen und die Entwickelung eines solchen kleinen Wesens zu verfolgen. Man sieht dann, dass dasselbe alle die wesentlichen Lebensfunctionen vollzieht, welche der ganze Organismus ausübt. Jedes dieser kleinen Wesen wächst und ernährt sich selbstständig. Es nimmt Säfte von aussen auf, die es aus der umgebenden Flüssigkeit aufsaugt: ja die nackten Zellen können sogar feste Körperchen an beliebigen Stellen ihrer Oberfläche aufnehmen, also »fressen«, ohne dass sie dazu Mund und Magen nöthig hätten (vergl. Fig. 15). Jede einzelne Zelle ist ferner im Stande, sich fortzupflanzen und zu vermehren (Fig. 8). Diese Vermehrung geschieht in den meisten Fällen durch einfache Theilung, und zwar zerfällt zunächst der Kern durch Einschnürung in zwei Stücke, worauf dann das Protoplasma ebenfalls in zwei Theile sich trennt. Ferner ist die einzelne Zelle im Stande, sich zu bewegen und herumzukriechen, wenn sie Raum zu freier Bewegung hat und

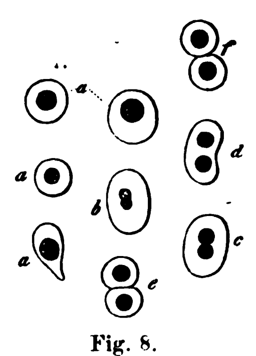


Fig. 8.

Zwischensubstanz eingebettet sind und sich in die verästelten Ausläufer der Zelle (b) fortsetzen. Ein unverästelter Ausläufer (a) geht in eine Nervenfaser über. (Nach Max Schultze.)

Fig. 8. Blutzellen, welche sich durch Theilung vermehren, aus dem Blute eines jungen Hirsch-Embryo. Jede Blutzelle hat ursprünglich einen Kern und ist kugelig (a). Sobald sie sich vermehren will, zerfällt zunächst der Zellenkern oder Nucleus in zwei Kerne (b, c, d). Dann schnürt sich auch der Protoplasmakörper zwischen den beiden Kernen ein, die sich von einander entfernen (e). Endlich wird diese Einschnürung vollständig und die ganze Zelle zerfällt in zwei Tochterzellen (f). (Nach Frey.)

nicht durch eine feste Hülle daran gehindert ist; sie streckt dann oberflächlich fingerförmige Fortsätze aus, die sie bald wieder einzieht und wobei sie ihre Form wechselt (Fig. 9). Endlich ist die junge Zelle empfindlich, mehr oder weniger reizbar: auf Einwirkung von chemischen und mechanischen Reizen führt sie gewisse Bewegungen aus. Wir können also an jeder einzelnen Zelle alle die wesentlichen Functionen verfolgen, die wir unter dem besonderen Gesammtbegriff des L e b e n s zusammenfassen: Empfindung, Bewegung, Ernährung, Fortpflanzung. Alle diese Eigenschaften, die das vielzellige hochentwickelte Thier besitzt, kommen bei jeder einzelnen Thierzelle schon vor, wenigstens in ihrem Jugendzustande. Ueber diese Thatsache existirt gegenwärtig kein Zweifel mehr, und wir können dieselbe also als Grundlage unserer physiologischen Auffassung des Elementar-Organismus betrachten.



Fig. 9.

Ohne uns nun hier weiter auf die höchst interessanten Erscheinungen des Zellenlebens einzulassen, wollen wir sogleich die Anwendung der Zellentheorie auf das Ei versuchen. Hier ergiebt sich nun aus der vergleichenden Untersuchung das hochwichtige Resultat, dass j e d e s E i u r s p r ü n g l i c h e i n e e i n f a c h e Z e l l e i s t. Das ist deshalb von der grössten Bedeutung, weil die ganze Ontogenie sich demnach in das Problem auflöst: »Wie entsteht aus einem einzelligen Organismus ein vielzelliger?« Jedes organische Individuum ist ursprünglich eine einfache Zelle und als solche ein Elementar-Organismus, oder ein Individuum erster Ordnung. Erst später entsteht durch Theilung dieser Zelle ein Zellenhaufen, aus dem sich der vielzellige Organismus, ein Individuum höherer Ordnung, hervorbildet.

Wenn wir nun zunächst die ursprüngliche Beschaffenheit der Ei-

---

Fig. 9. B e w e g l i c h e Z e l l e n a u s e i n e m e n t z ü n d e t e n F r o s c h a u g e (aus der wässerigen Feuchtigkeit des Auges oder dem Humor aqueus). Die nackten Zellen bewegen sich lebhaft kriechend umher, indem sie Amoeben oder Rhizopoden gleich feine Fortsätze aus ihrem nackten Protoplasmakörper ausstrecken. Diese Fortsätze ändern beständig ihre Zahl, Gestalt und Grösse. Der Kern dieser amoebenartigen Lymphzellen ist nicht sichtbar, weil ihn die zahlreichen feinen Körnchen verdecken, die in dem Protoplasma zerstreut sind. (Nach FREY).

zelle selbst etwas näher betrachten, so bemerken wir die ausserordentlich wichtige Thatsache, dass in ihrem ursprünglichen Zustande die Eizelle bei allen Thieren und beim Menschen dieselbe einfache und indifferente Bildung besitzt, so dass man nicht im Stande ist, irgend

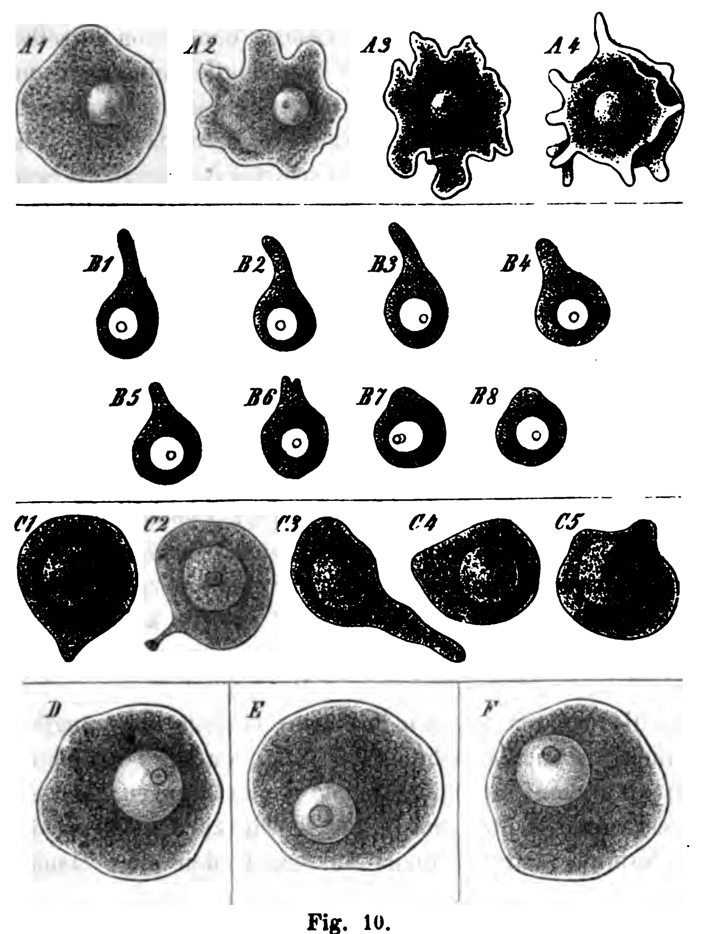


Fig. 10.

Fig. 10. Ur-Eier verschiedener Thiere, amoeboide Bewegungen ausführend, sehr stark vergrössert. Alle Ur-Eier sind nackte formveränderliche Zellen. In dem dunkeln feinkörnigen Protoplasma (Eidotter) liegt ein grosser bläschenförmiger Kern (Keimbläschen), und in diesem ein Kernkörperchen (Keimfleck), in dem oft noch ein Keimpunkt sichtbar ist. Fig. *A 1 — A 4*. Ein Ur-Ei eines Kalkschwammes (*Leuculmis echinus*), in vier aufeinander folgenden Bewegungs-Zuständen. Fig. *B 1 — B 8*. Ein Ur-Ei eines Schmarotzer-Krebses (*Chondracanthus cornutus*), in acht auf einander folgenden Bewegungs-Zuständen. (Nach EDUARD VAN BENEDEN.) Fig. *C 1 — C 5*. Ur-Eier der Katze, in verschiedenen Bewegungs-Zuständen. (Nach PFLÜGER.) Fig. *D*. Ein Ur-Ei der Forelle. Fig. *E*. Ein Ur-Ei des Hühnchens. Fig. *F*. Ein Ur-Ei des Menschen.

welche wesentlichen Unterschiede zwischen ihnen aufzufinden. Späterhin sind die Eier, obwohl sie einzellig bleiben, doch sehr verschieden an Grösse und Gestalt, haben verschiedene Umhüllungen u. s. w. Wenn man aber die Eier an ihrer Geburtsstätte aufsucht, da wo sie entstehen, im Eierstock des weiblichen Thieres, so findet man diese Ur-Eier in den ersten Stadien ihres Lebens immer von derselben Bildung; und zwar stellt jedes Ur-Ei ursprünglich eine ganz einfache, rundliche, bewegliche, nackte Zelle dar, welche keine Membran besitzt, und blos aus dem Zellenkern und dem Zellenstoff besteht. (Fig. 10.) Diese beiden Theile führen beim Ei schon seit langer Zeit besondere Namen: man nennt nämlich den Zellenschleim oder Zellenstoff hier Dotter (*Vitellus*), und der Zellenkern führt den Namen des Keimbläschens (*Vesicula germinativa*). Der Kern ist bei der Eizelle in der Regel von weicher, oft bläschenartiger Beschaffenheit. Im Innern dieses Kernes findet sich, wie bei vielen anderen Zellen, ein drittes Körperchen eingeschlossen, welches man bei gewöhnlichen Zellen das Kernkörperchen nennt (*Nucleolus*). Bei der Eizelle heisst es Keimfleck (*Macula germinativa*). Endlich findet man in vielen Eiern (aber nicht in allen) in diesem Keimfleck noch ein innerstes Pünktchen, einen Nucleolinus, welchen man Keimpunkt (*Punctum germinativum*) nennen kann. Indessen haben diese letzteren beiden Theile (Keimfleck und Keimpunkt), wie es scheint, nur eine untergeordnete Bedeutung; von fundamentaler Bedeutung sind nur die beiden ersten Bestandtheile: der Dotter und das Keimbläschen.

Bei vielen niederen Thieren (z. B. den Schwämmen, Medusen) behalten die nackten Eizellen ihre ganz einfache ursprüngliche Beschaffenheit bis zur Befruchtung bei. Bei den meisten Thieren aber erleiden sie schon vorher bestimmte Veränderungen: sie erhalten theils bestimmte Zusätze zum Dotter, welche zur Ernährung des Eies dienen (Nahrungsdotter), theils äussere Hüllen oder Membranen, welche zum Schutze desselben dienen (Eihäute). Eine solche Hülle entsteht bei allen Säugethier-Eiern im Laufe der weiteren Ausbildung. Die kleine Kugel wird mit einer dicken Kapsel von vollkommen durchsichtiger, glasartiger Beschaffenheit umgeben, welche den besonderen Namen: *Zona pellucida* oder *Chorion* führt. (Fig. 11.) Wenn wir diese letztere recht genau mit dem Mikroskop betrachten, können wir darin sehr feine radiale Striche wahrnehmen, welche die Zona durchziehen und nichts anderes als sehr feine Canäle sind. Das Ei des Menschen ist von dem der meisten anderen Säugethiere sowohl im unreifen als auch im ausgebildeten Zustande nicht zu unterscheiden.

Seine Form, seine Grösse, seine Zusammensetzung bleibt überall nahezu dieselbe. In völlig ausgebildetem Zustande beträgt sein Durchmesser durchschnittlich $\frac{1}{10}$ Linie oder 0,2 Mm. Wenn man das

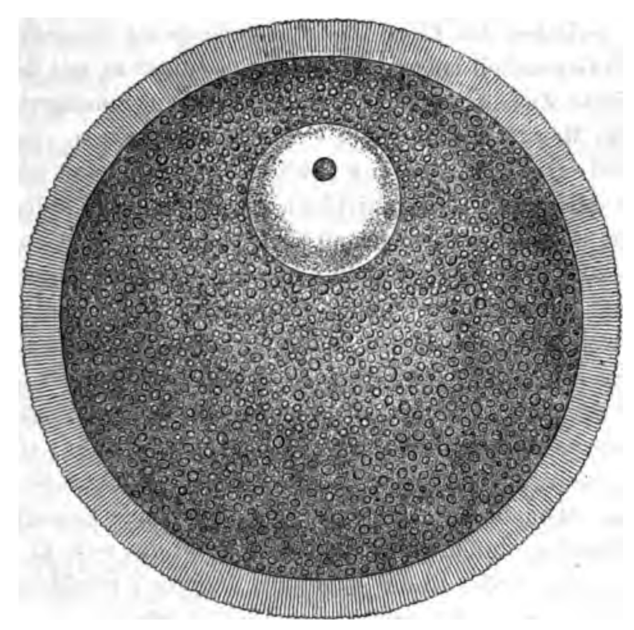


Fig. 11.

Säugethier-Ei gehörig isolirt hat und auf einer Glasplatte gegen das Licht hält, kann man es eben mit blossem Auge als feines Pünktchen erkennen. Dieselbe Grösse haben die Eier der meisten höheren Säugethiere. Fast immer beträgt der Durchmesser der kugeligen Eizelle zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{20}$ Linie ($\frac{1}{5}$—$\frac{1}{10}$ Millimeter). Immer hat sie dieselbe Kugelform; immer dieselbe charakteristische dicke Hülle; immer dasselbe helle kugelige Keimbläschen mit seinem dunkeln Keimfleck.

Fig. 11. Das Ei des Menschen, aus dem Eierstock des Weibes genommen, sehr stark vergrössert. Das ganze Ei ist eine einfache kugelrunde Zelle. Die Hauptmasse der kugeligen Eizelle wird durch den Eidotter oder den körnigen Zellstoff (Protoplasma) gebildet, der aus zahllosen feinen Dotterkörnchen und ein wenig Zwischenmasse zwischen denselben besteht. Oben im Dotter liegt das helle kugelige Keimbläschen, welches dem Zellkern (Nucleus) entspricht. Dieses enthält ein dunkleres Körnchen, den Keimfleck, welcher das Kernkörperchen (Nucleolus) darstellt. Umschlossen ist der kugelige Dotter von der dicken hellen Eihaut (Zona pellucida oder Chorion). Diese ist von sehr zahlreichen, radial gegen den Mittelpunkt der Kugel gerichteten haarfeinen Linien durchzogen, den Porencanälen, durch welche bei der Befruchtung die fadenförmigen beweglichen Samenzellen in den Eidotter eindringen.

Auch wenn wir das beste Mikroskop mit der stärksten Vergrösserung anwenden, sind wir nicht im Stande, einen wesentlichen Unterschied zwischen dem Ei des Menschen, des Affen, des Hundes u. s. w. zu entdecken. Damit soll nicht gesagt sein, dass überhaupt keine Unterschiede zwischen den Eiern dieser verschiedenen Säugethiere existiren. Im Gegentheil müssen wir solche, wenigstens mit Bezug auf die chemische Zusammensetzung, ganz allgemein annehmen. Auch die Eier der Menschen sind unter sich alle verschieden. Nach dem Gesetze der individuellen Abänderung müssen wir annehmen, dass »alle organischen Individuen von Beginn ihrer individuellen Existenz an ungleich, wenn auch oft höchst ähnlich sind« (Gen. Morph. Bd. II, S. 202). Aber mit unseren rohen und unvollkommenen Hülfsmitteln sind wir nicht im Stande, diese feinen individuellen Unterschiede, welche oft nur in der Molecular-Structur zu suchen sind, wirklich zu erkennen. Für die gemeinsame Abstammung des Menschen und der übrigen Säugethiere bleibt aber trotzdem die auffallende morphologische Aehnlichkeit ihrer Eier, die uns als völlige Gleichheit erscheinen kann, sehr beweisend. Die gleiche Keimform beweist die gemeinsame Stammform. Hingegen sind auffallende Eigenthümlichkeiten vorhanden, durch welche man sehr leicht das reife Ei der Säugethiere von dem reifen Ei der Vögel und anderer Wirbelthiere unterscheiden kann (vergl. den Schluss des XXV. Vortrages).

Besonders verschieden ist das reife Ei des Vogels, obgleich dasselbe als Ur-Ei (Fig. 10 E) ursprünglich auch dem der Säugethiere ganz gleich ist. Allein später nimmt hier die Eizelle noch innerhalb des Eileiters eine Masse von Nahrung in sich auf, die sie zu dem bekannten mächtigen gelben Dotter verarbeitet. Wenn man ein ganz junges Ei im Eierstocke des Huhnes untersucht, so findet man dasselbe ganz gleich den jungen Eizellen der Säugethiere oder anderer Thiere (Fig. 10). Später wächst es aber so beträchtlich, dass es sich zu der bekannten gelben Dotterkugel ausdehnt. Der Kern der Eizelle oder das Keimbläschen wird dadurch ganz an die Oberfläche der kugeligen Eizelle gedrängt und ist hier in eine geringe Menge von hellerem, sogenanntem weissen Dotter eingebettet. Dieser bildet daselbst einen kreisrunden weissen Fleck, der unter dem Namen des Hahnentritts oder der Narbe (*Cicatricula*) bekannt ist (Fig. 12 *b*). Von der Narbe aus setzt sich ein dünner Strang von weisser Dottermasse durch den gelben Dotter hindurch bis zur Mitte der kugeligen Zelle fort, wo er in eine kleine centrale Kugel (die fälschlich sogenannte Dotterhöhle oder *Latebra*, Fig. 12 *d'*) anschwillt. Die gelbe Dottermasse, welche die-

sen weissen Dotter umgiebt, erscheint am erhärteten Ei concentrisch geschichtet (*c*). Aeusserlich ist der gelbe Dotter von einer zarten structurlosen Dotterhaut (*Membrana vitellina*) umgeben (*a*).

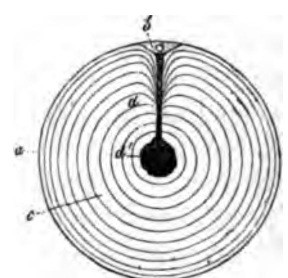


Fig. 12.

Neuerdings hat sich vielfach die Ansicht verbreitet, dass die grosse gelbe Eizelle des Vogels (die bei den grössten Vögeln mehrere Zoll Durchmesser erreicht) nicht mehr als eine einfache Zelle betrachtet werden könne. Wir müssen aber mit GEGENBAUR diese Ansicht für irrthümlich halten. Die unbefruchtete und ungetheilte Eizelle des Vogels bleibt mit ihrem einfachen Kerne eine einfache Zelle, mag dieselbe noch so sehr durch Production gelber Dottermasse anwachsen. Jedes Thier, welches einen einzigen Zellenkern enthält, jede Amoebe, jede Gregarine, jedes Infusionsthierchen, ist einzellig, und bleibt einzellig, wenn es auch noch so viel verschiedene Stoffe frisst. Ebenso bleibt die Eizelle eine einfache Zelle, mag sie später noch so viel gelben Nahrungsdotter im Innern ihres Protoplasma anhäufen. GEGENBAUR hat dies in seiner trefflichen Arbeit über die Eier der Wirbelthiere klar nachgewiesen [43].

Anders verhält sich das Vogel-Ei natürlich, sobald es befruchtet wird. Dann zerfällt sein Keimbläschen oder der Zellenkern durch wiederholte Theilung in viele Kerne, und ebenso theilt sich entsprechend das Protoplasma der Narbe oder des Hahnentrittes, welches dieselben umgiebt. Dann besteht das Vogel-Ei aus so vielen Zellen, als Kerne in der Narbe vorhanden sind. An dem befruchteten und gelegten Vogel-Ei, das wir täglich verzehren, ist daher die gelbe Dotterkugel bereits ein vielzelliger Körper. Ihre Narbe ist aus vielen Zellen zusammengesetzt und wird nun als Keimscheibe (oder *Discus blastodermicus*) bezeichnet. Wir werden später darauf zurückkommen (im achten Vortrag).

Nachdem das reife Vogel-Ei (Fig. 12) aus dem Eierstock ausgetreten und im Eileiter befruchtet worden ist, umgiebt sich dasselbe

---

Fig. 12. Eine reife Eizelle aus dem Eierstock des Huhnes. Der gelbe Nahrungsdotter (*c*) ist aus vielen concentrischen Schichten (*d*) zusammengesetzt und von einer dünnen Dotterhaut (*a*) umhüllt. Der Zellenkern oder das Keimbläschen liegt oben in der Narbe (*b*). Von da setzt sich der weisse Dotter bis in die centrale Dotterhöhle fort (*d'*). Doch sind beide Dotterarten nicht scharf geschieden.

mit verschiedenen Hüllen, die von der Wand des Eileiters ausgeschieden werden. Zunächst um die gelbe Dotterkugel lagert sich die mächtige klare Eiweissschicht ab; ferner die äussere harte Kalkschale, an der innen noch eine feine Schalenhaut anliegt. Alle diese nachträglich um das Ei gebildeten Hüllen und Zusätze sind für die Bildung des Embryo von keiner Bedeutung; es sind Theile, die mit der ursprünglichen einfachen Eizelle nichts zu thun haben. Auch bei anderen Thieren finden wir oft ausserordentlich grosse Eier mit mächtigen Hüllen, z. B. beim Haifische. Auch hier ist ursprünglich das Ei eigentlich ganz dasselbe wie beim Säugethiere, nämlich eine ganz einfache nackte Zelle. Dann aber wird auch hier, wie beim Vogel, eine beträchtliche Quantität von Nahrungsdotter innerhalb des ursprünglichen Eidotters angesammelt: Proviant für den entstehenden Embryo; aussen um das Ei werden verschiedene Hüllen gebildet. Aehnliche innere und äussere Zugaben erhält die Eizelle auch bei vielen anderen Thieren. Da dieselben aber überall von untergeordneter Bedeutung für die Keimbildung selbst sind, theils als Nahrungsmittel vom Embryo verzehrt werden, theils nur als schützende Umhüllung desselben dienen, so können wir sie hier ganz ausser Acht lassen, und wollen uns nur an das Wichtigste halten: an die wesentliche Gleichheit der ursprünglichen Eizelle beim Menschen und bei den übrigen Thieren (Fig. 10).

Lassen Sie uns nun hier zum ersten Male von unserem biogenetischen Grundgesetze Gebrauch machen und unmittelbar dieses fundamentale Causal-Gesetz der Entwickelungsgeschichte auf die Eizelle des Menschen anwenden. Wir kommen dann zu einem höchst einfachen, aber höchst bedeutsamen Schlusse. Aus der einzelligen Beschaffenheit des menschlichen Eies und des Eies der übrigen Thiere folgt nach dem biogenetischen Grundgesetze unmittelbar der Schluss, dass alle Thiere mit Inbegriff des Menschen ursprünglich von einem einzelligen Organismus abstammen. Wenn wirklich jenes Grundgesetz wahr ist, wenn wirklich die Keimesgeschichte ein Auszug oder eine verkürzte Wiederholung der Stammesgeschichte ist (— und wir können nicht daran zweifeln —), dann müssen wir aus der Thatsache, dass alle Eier ursprünglich einfache Zellen sind, nothwendig die Folgerung ziehen, dass alle vielzelligen Organismen ursprünglich von einem einzelligen Organismus abstammen. Da nun aber die ursprüngliche Eizelle beim Menschen und allen Thieren dieselbe einfache und indifferente Beschaffenheit besitzt, so werden wir auch mit

einiger Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, dass jene einzellige Stammform der gemeinsame einzellige Stamm-Organismus für das ganze Thierreich, den Menschen mit inbegriffen, war. Doch ist diese letztere Hypothese keineswegs so absolut sicher, wie jene erste Folgerung.

Der Rückschluss aus der einzelligen Keimform auf die einzellige Stammform ist so einfach, aber doch auch so bedeutungsvoll, dass nicht genug Gewicht auf denselben gelegt werden kann. Wir müssen daher zunächst die Frage aufwerfen, ob es vielleicht noch heutzutage einzellige Organismen giebt, aus deren Form wir annähernd auf die einzellige Ahnenform der vielzelligen Organismen schliessen dürfen? Die Antwort auf diese Frage lautet: Allerdings! Ganz gewiss giebt es noch jetzt einzellige Organismen, die ihrer ganzen Beschaffenheit nach eigentlich weiter nichts als eine permanente Eizelle sind: es giebt selbstständige einzellige Organismen, die sich nicht weiter entwickeln, die als einfache Zellen ihr ganzes Leben vollbringen und sich als solche fortpflanzen, ohne zu weiterer Entwickelung zu gelangen. Wir kennen jetzt eine grosse Anzahl solcher einzelliger Organismen, z. B. die Gregarinen, Flagellaten, Acineten, Infusorien u. s. w. Allein einer unter ihnen interessirt uns vor allen anderen, weil er bei jener Frage sofort in den Vordergrund tritt, und als die der wirklichen Stammform am meisten sich annähernde einzellige Urform angesehen werden muss. Dieser Organismus ist die Amoebe.

Unter dem Namen Amoeba fasst man schon seit langer Zeit eine Anzahl von mikroskopischen einzelligen Organismen zusammen, welche keineswegs selten sind, sondern im Gegentheil sehr verbreitet vorkommen, namentlich im süssen Wasser, aber auch im Meere; neuerdings hat man sie auch als Bewohner der feuchten Erde kennen gelernt. Wenn man eine solche lebende Amoebe in einem Tropfen Wasser unter das Mikroskop bringt und bei starker Vergrösserung betrachtet, so erscheint dieselbe gewöhnlich als ein rundliches Körperchen von

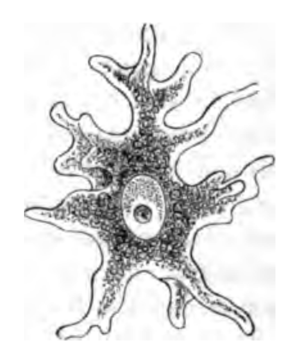


Fig. 13.

Fig. 13. Eine kriechende Amoebe (stark vergrössert). Der ganze Organismus hat den Formenwerth einer einfachen nackten Zelle und bewegt sich mittelst der veränderlichen Fortsätze umher, welche von seinem Protoplasma-Körper ausgestreckt und wieder eingezogen werden. Im Innern desselben ist der rundliche Zellkern oder Nucleus mit seinem Kernkörperchen verborgen.

ganz unregelmässiger und wechselnder Form (Fig. 13). In der weichen, schleimigen, halbflüssigen Körpermasse, die aus Protoplasma besteht, bemerken wir weiter nichts, als ein darin eingeschlossenes, festeres oder bläschenförmiges Körperchen, den Zellenkern. Dieser einzellige Körper bewegt sich nun selbstständig und kriecht auf dem Glase, auf welchem wir ihn betrachten, nach verschiedenen Richtungen umher. Die Ortsbewegung geschieht dadurch, dass der formlose Körper an verschiedenen Theilen seines Umfanges fingerartige Fortsätze ausstreckt, welche in langsamem aber beständigem Wechsel begriffen sind, und die übrige Körpermasse nach sich ziehen. Nach einiger Zeit kann das Schauspiel sich ändern; die Amoebe steht plötzlich still, zieht ihre Fortsätze ein und nimmt Kugelgestalt an. Bald aber beginnt sich das Schleimkügelchen wieder auszubreiten, nach einer anderen Richtung hin Fortsätze auszustrecken und sich aufs Neue fortzubewegen. Diese veränderlichen Fortsätze heissen Scheinfüsse oder Pseudopodien, weil sie sich physiologisch wie Füsse verhalten und doch keine besonderen Organe in morphologischem Sinne sind. Denn sie vergehen eben so rasch, als sie entstehen, und sind weiter nichts als veränderliche Erhebungen der halbflüssigen, homogenen und structurlosen Körpermasse.

Wenn man eine solche kriechende Amoebe mit einer Nadel berührt oder wenn man einen Tropfen Säure dem Wasser zusetzt, so zieht in Folge dieses mechanischen oder chemischen Reizes der ganze Körper sich sofort zusammen. Gewöhnlich nimmt der Körper dann wieder Kugelgestalt an. Unter gewissen Umständen, z. B. wenn die Verunreinigung des Wassers länger andauert, beginnt auch wohl die Amoebe sich einzukapseln. Sie schwitzt eine homogene Hülle oder Kapsel aus, die alsbald erhärtet, und erscheint nun im Ruhezustand als eine kugelige Zelle, die von einer schützenden Membran umgeben ist. Ihre Nahrung nimmt die einzellige Amoebe entweder dadurch auf, dass sie unmittelbar aus dem Wasser aufgelöste Stoffe durch Imbibition aufsaugt, oder dadurch, dass sie fremde feste Körperchen, mit denen sie in Berührung kommt, in sich hineindrückt. Dies letztere kann man jeden Augenblick beobachten, indem man sie zum Fressen nöthigt. Wenn man fein pulverisirte Farbstoffe, z.B. Carmin, Indigo, sehr fein zertheilt in das Wasser bringt, dann sieht man, wie der weiche Körper der Amoebe diese Farbstoffkörnchen in sich hineindrückt, wie die weiche Zellsubstanz über den Körnchen zusammenfliesst. Die Amoebe kann so auf jeder Stelle ihrer Körperoberfläche Nahrung aufnehmen, ohne dass irgend welche besonderen Organe der



Nahrungsaufnahme und Verdauung existiren, ohne dass ein wahrer Mund und Darm vorhanden ist. Indem nun die Amoebe auf solche Weise Nahrung aufnimmt und die gefressenen Körperchen in ihrem Protoplasma auflöst, wächst sie; und nachdem sie durch fortgesetzte Nahrungsaufnahme ein gewisses Maass des Umfangs erreicht hat, tritt ihre Fortpflanzung ein. Diese geschieht in der einfachsten Weise durch Theilung. Zunächst zerfällt der innere Kern in zwei gleiche Stücke. Dann theilt sich auch das Protoplasma zwischen den beiden neuen Kernen und die ganze Zelle zerfällt in zwei Tochterzellen, indem der Zellstoff um jeden der beiden Kerne sich ansammelt. Das ist die gewöhnliche Weise der Zellen-Fortpflanzung; es theilt sich zunächst der Zellenkern in zwei Hälften; diese stossen sich ab und wirken als Anziehungspunkte auf die umgebende Zellsubstanz oder das Protoplasma (Fig. 8).

Obgleich die Amoebe also weiter nichts als eine einfache Zelle ist, so zeigt sie sich dennoch im Stande, alle Funktionen des vielzelligen Organismus für sich zu vollziehen. Sie bewegt sich kriechend, sie empfindet, sie ernährt sich, sie pflanzt sich fort. Es giebt Arten von solchen Amoeben, die man mit blossem Auge ganz gut sehen kann: die meisten Arten aber sind mikroskopisch klein. Weshalb wir nun gerade die Amoeben als diejenigen einzelligen Organismen betrachten, deren phylogenetische Beziehungen zur Eizelle besonders wichtig sind, das ergiebt sich aus folgenden Thatsachen. Bei vielen niederen Thieren bleibt die Eizelle bis zur Befruchtung in ihrem ursprünglichen nackten Zustande, bekommt keine Hüllen und ist dann oft gar nicht von einer Amoebe zu unterscheiden. Gleich der letzteren können auch diese nackten Eizellen Fortsätze ausstrecken und sich umher bewegen. Bei den Schwämmen oder Spongien kriechen sogar diese beweglichen Eizellen im mütterlichen Organismus wie selbstständige Amoeben frei umher (Fig. 14). Sie sind hier schon von früheren Naturforschern beobachtet, aber für fremde Organismen, nämlich für parasitische Amoeben gehalten worden, die als schmarotzende



Fig. 14.

Fig. 14. Eizelle eines Kalkschwammes (Olynthus). Die Eizelle bewegt sich kriechend im Körper des Schwammes umher, indem sie formwechselnde Fortsätze ausstreckt. Sie ist von einer gewöhnlichen Amoebe nicht zu unterscheiden.



Eindringlinge im Körper des Schwammes leben. Erst später hat man erkannt, dass diese angeblichen einzelligen Parasiten oder Schmarotzer nichts weiter sind, als die Eizellen des Schwammes selbst. Dieselbe merkwürdige Erscheinung finden wir auch bei anderen niederen Thieren, z. B. bei den zierlichen glockenförmigen Pflanzenthieren, die wir Medusen nennen; auch bei ihnen bleiben die Eier nackte, hüllenlose Zellen, welche amoebenartige Fortsätze ausstrecken, sich ernähren, bewegen, und aus denen sich nach erfolgter Befruchtung durch wiederholte Theilung unmittelbar oder mittelbar der vielzellige Medusen-Organismus entwickelt.

Es ist also gewiss keine gewagte Hypothese, sondern eine ganz nüchterne Schlussfolgerung, wenn wir gerade die Amoebe als denjenigen einzelligen Organismus betrachten, welcher uns eine ungefähre Vorstellung von der alten gemeinsamen einzelligen Stammform aller vielzelligen Organismen giebt. Die nackte einfache Amoebe besitzt einen indifferenteren und ursprünglicheren Charakter als alle anderen Zellen. Dazu kommt noch der Umstand, dass auch im erwachsenen Körper aller vielzelligen Thiere durch neuere Untersuchungen überall solche amoebenartige Zellen nachgewiesen worden sind. Sie finden sich z. B. im Blute des Menschen neben den rothen Blutzellen als sogenannte farblose Blutzellen; ebenso bei allen anderen Wirbelthieren. Auch bei vielen Wirbellosen kommen sie vor, z. B. im Blute der Schnecken; und hier habe ich schon 1859 nachgewiesen, dass auch diese farblosen Blutzellen, ganz gleich den selbstständigen Amoeben, geformte feste Körperchen aufnehmen, also fressen können (Fig. 15). Neuerdings hat man die Erfahrung ge-

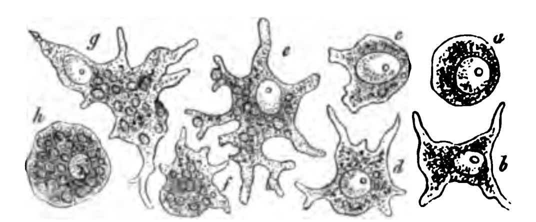


Fig. 15.

Fig. 15. Fressende Blutzellen einer nackten Seeschnecke (Thetis) stark vergrössert. An den Blutzellen dieser Schnecke ist von mir zum ersten Male die wichtige Thatsache beobachtet worden, dass »die Blutzellen der wirbellosen Thiere hüllenlose Protoplasmaklumpen sind, und mittelst ihrer eigenthümlichen Bewegungen, wie die Amoeben, feste Stoffe in sich aufnehmen«, also »fressen« können. Ich hatte (am 10. Mai 1859) in Neapel die Blutgefässe einer solchen Schnecke mit pulverisirtem und in



macht, dass viele verschiedene Zellen, wenn sie nur Raum haben, im Stande sind, dieselben Bewegungen auszuführen, zu fressen und sich durchaus wie Amoeben zu verhalten. (Fig. 9.)

Die Fähigkeit zu diesen charakteristischen amoebenartigen Bewegungen der nackten Zellen beruht auf der Contractilität (oder automatischen Beweglichkeit) des Protoplasma. Dieselbe scheint eine allgemeine Lebenseigenschaft aller jugendlichen Zellen zu sein. Wo dieselben nicht von einer festen Membran umschlossen oder in ein »Zellengefängniss« eingesperrt sind, da können sie auch solche «amoeboide Bewegungen« ausführen. Das gilt von den nackten Eizellen so gut wie von anderen nackten Zellen, von den »Wanderzellen« verschiedener Art, Lymphzellen, Schleimzellen u. s. w.

Durch unsere Untersuchung der Eizelle und ihre Vergleichung mit der Amoebe haben wir sowohl für die Keimesgeschichte wie für die Stammesgeschichte die festeste und sicherste Basis gewonnen. Wir sind dadurch zu der Ueberzeugung gelangt, dass das menschliche Ei eine ganz einfache Zelle ist, dass sich diese Eizelle von derjenigen der übrigen Säugethiere nicht wesentlich unterscheidet, und dass wir daraus auf eine uralte einzellige Stammform zurückschliessen müssen, die einer Amoebe im Wesentlichen gleich gebildet war.

Die Behauptung, dass die ältesten Vorfahren des Menschengeschlechts solche einfache Zellen waren, die gleich der Amoebe ihr selbstständiges einzelliges Dasein führten, ist nicht allein als eine leere naturphilosophische Träumerei verspottet, sondern auch in theologischen Zeitschriften als »abscheulich, empörend und unsittlich« mit Entrüstung zurückgewiesen worden. Wie ich aber schon in meinen Vorträgen »über die Entstehung und den Stammbaum des Menschengeschlechts« bemerkt habe, muss dieselbe fromme Entrüstung dann mit gleichem Rechte auch die »abscheuliche, empörende und unsittliche« Thatsache treffen, dass sich jedes menschliche Individuum aus einer einfachen Eizelle entwickelt und dass diese menschliche Eizelle nicht von derjenigen der übrigen Säugethiere zu unterscheiden ist. Diese Thatsache können wir jeden Augenblick unter dem Mikroskope demonstriren, und es hilft Nichts, wenn man sich vor dieser

Wasser fein zertheiltem Indigo injicirt und war nicht wenig erstaunt, nach einigen Stunden die Blutzellen selbst mit den feinen Indigo-Körnchen mehr oder weniger gefüllt zu finden. Bei wiederholten Injections-Versuchen gelang es mir, »die Aufnahme der Farbstofftheilchen selbst in das Innere der Blutzellen zu beobachten, welche ganz in der gleichen Weise wie bei den Amoeben erfolgt«. Das Nähere darüber habe ich in meiner Monographie der Radiolarien mitgetheilt (1862. S. 104. 105).

»unsittlichen« Thatsache die Augen zuhält. Sie bleibt eben so unwiderleglich, wie die wichtigen Folgeschlüsse, welche wir daran geknüpft haben.

Die ausserordentliche Bedeutung, welche die Zellentheorie für unsere gesammte Auffassung der organischen Natur gewonnen hat, zeigt sich hier in voller Klarheit. Die »Stellung des Menschen in der Natur« wird elementar durch dieselbe erklärt. Ohne die Zellenlehre bleibt uns der Mensch ein unverständliches Räthsel. Desshalb sollten die Philosophen, und insbesondere die Psychologen, vor Allem sich mit der Zellentheorie gründlich vertraut machen. Die Menschen-Seele wird nur durch die Zellen-Seele wahrhaft verstanden, und deren einfachste Form offenbart sich in der Amoebe.

Die noch heute lebenden Amoeben und die verwandten einzelligen Organismen: Arcellen, Gregarinen u. s. w. sind für jene Folgeschlüsse deshalb von hohem Interesse, weil sie uns die einzelne Zelle in permanenter Selbstständigkeit vorführen. Hingegen ist der Organismus des Menschen und der höheren Thiere nur in seinem frühesten Jugendzustande einzellig. Sobald aber die Eizelle befruchtet ist, vermehrt sie sich durch Theilung und bildet eine Gemeinde oder Colonie von vielen socialen Zellen. Diese sondern oder differenziren sich, und durch Arbeitstheilung der Zellen, durch verschiedenartige Ausbildung derselben entstehen dann die mannichfachen Gewebe, welche die verschiedenen Organe zusammensetzen. Der entwickelte vielzellige Organismus des Menschen und aller höheren Thiere und Pflanzen stellt dann eine sociale staatliche Gemeinschaft dar, deren zahlreiche einzelne Individuen zwar sehr verschieden ausgebildet sind, aber doch ursprünglich nur ganz einfache Zellen von gleichartiger Beschaffenheit waren.

Siebenter Vortrag.

Die Functionen der Entwickelung und die Befruchtung.

»Wenn der Naturforscher dem Gebrauche der Geschichtsschreiber und Kanzelredner zu folgen liebte, ungeheure und in ihrer Art einzige Erscheinungen mit dem hohlen Gepränge schwerer und tönender Worte zu überziehen, so wäre hier der Ort dazu; denn wir sind an eines der grossen Mysterien der thierischen Natur getreten, welche die Stellung des Thieres gegenüber der ganzen übrigen Erscheinungswelt enthalten. Die Beziehungen des Mannes und des Weibes zur Eizelle zu erkennen, heisst fast so viel, als alle jene Mysterien lösen. Die Entstehung und Entwickelung der Eizelle im mütterlichen Körper, die Uebertragung körperlicher und geistiger Eigenthümlichkeiten des Vaters durch den Samen auf dieselbe berühren alle Fragen, welche der Menschengeist je über des Menschen Sein aufgeworfen hat.«

Rudolph Virchow (1848).

Inhalt des siebenten Vortrages.

Entwickelung des vielzelligen Organismus aus dem einzelligen. Der Zellen-Einsiedler und der Zellen-Staat. Die Grundzüge der Staatenbildung. Die Arbeitstheilung oder Differenzirung der Individuen als Maassstab für den erlangten Grad der Vervollkommnung. Parallelismus der Vorgänge bei der individuellen und der phyletischen Entwickelung. Die Functionen der Entwickelung. Wachsthum. Anorganisches und organisches Wachsthum. Einfaches und zusammengesetztes Wachsthum. Ernährung und Stoffwechsel. Anpassung und Abänderung. Fortpflanzung. Ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung. Vererbung. Arbeitstheilung oder Differenzirung. Rückbildung. Verwachsung oder Concrescenz. Die Functionen der Entwickelung sind von der Physiologie noch sehr wenig untersucht und daher der Entwickelungs-Process überhaupt oft ganz falsch beurtheilt worden. Die Entwickelung des Bewusstseins und die Grenzen der Naturerkenntniss. Sprungweise und allmähliche Entwickelung. Die Befruchtung. Die geschlechtliche Zeugung. Eizelle und Spermazelle. Die Theorie der Samenthierchen. Spermazellen eine besondere Art von Geisselzellen. Vermischung der männlichen Spermazelle mit der weiblichen Eizelle. Product derselben: Stammzelle oder Cytula. Wesen des Befruchtungs-Processes. Verhalten der Kerne bei demselben. Verschwinden des Keimbläschens. Monerula. Rückschlag in die Moneren-Form. Cytula.

VII.

Meine Herren!

Die klare Erkenntniss, dass jedes menschliche Individuum im Beginne seiner Existenz eine einfache Zelle ist, dass diese Eizelle derjenigen der übrigen Säugethiere wesentlich gleich ist, und dass die aus dieser Zelle hervorgehenden Entwickelungsformen beim Menschen und den übrigen höheren Säugethieren zunächst dieselben sind, diese Erkenntniss giebt uns das feste Fundament, von dem aus wir die weiteren Entwickelungsvorgänge verfolgen können. Wir haben dadurch erstens für den empirischen Theil der Entwickelungsgeschichte, für die unmittelbar mittelst des Mikroskopes zu verfolgenden Thatsachen der Ontogenese, die für deren Beurtheilung sehr wichtige Ueberzeugung gewonnen, dass der vielzellige entwickelte Organismus mit allen seinen verschiedenen Organen beim Menschen ebenso wie bei den übrigen Thieren aus einer einzigen einfachen Zelle hervorgeht. Zweitens haben wir dadurch für die Phylogenese, für den speculativen Theil der Entwickelungsgeschichte, der sich auf jene Thatsachen stützt, den Schluss erreicht, dass auch die ursprüngliche Stammform des Menschen wie der übrigen Thiere ein einzelliger Organismus war. Das ganze schwierige Problem der Entwickelungsgeschichte ist also jetzt dadurch auf die einfache Frage zurückgeführt: »Wie ist aus dem einfachen einzelligen Organismus der zusammengesetzte vielzellige Organismus entstanden? Durch welche natürlichen Vorgänge hat sich aus einer einfachen Zelle jener complicirte Lebens-Apparat mit allen seinen mannichfaltigen Organen hervorgebildet, dessen scheinbar sinnreiche und zweckmässige Construction wir in dem entwickelten Körper bewundern?«

Indem wir uns jetzt zur Beantwortung dieser Frage wenden, müssen wir vor Allem die bereits angedeutete Anschauung festhalten, dass der vielzellige Organismus durchaus nach denselben Gesetzen aufgebaut und zusammengesetzt ist, wie ein civilisirter Staat, in welchem sich viele verschiedene Staatsbürger zu verschiedenen Lei-

stungen und zu gemeinsamen Zwecken verbunden haben. Dieser Vergleich ist von der grössten Bedeutung für das ganze Verständniss der Zusammensetzung des Menschen aus vielen verschiedenartigen Zellen, und für das Verständniss des harmonischen Zusammenwirkens dieser verschiedenen Zellen zu einem scheinbar vorbedachten Zwecke. Wenn wir diesen Vergleich festhalten, und diese bedeutungsvolle Auffassung des vielzelligen entwickelten Organismus als eines staatlichen Verbandes von vielen Individuen auf seine Entwickelungsgeschichte anwenden, so gelangen wir zu dem richtigen Verständniss von dem eigentlichen Wesen der ersten und wichtigsten Entwickelungsvorgänge. Ja wir können sogar bei tieferem Nachdenken die ersten Stadien der Entwickelung errathen und a priori feststellen, ohne dass wir zunächst die Beobachtung, die Erkenntniss a posteriori, zu Hülfe nehmen.

Wir wollen einmal zunächst diesen umgekehrten Weg einschlagen und nicht, wie wir später thun werden, erst die Thatsachen der Ontogenesis betrachten und daran die phylogenetische Deutung knüpfen. Lassen Sie uns vielmehr hier umgekehrt versuchen zu errathen, wie sich die Entwickelung gestalten muss, wenn jener fundamentale Vergleich richtig ist. Wenn dann nachher die Thatsachen der Ontogenesis unsere Voraussetzungen bestätigen, so werden wir nur um so sicherer von der Wahrheit unserer phylogenetischen Schlüsse überzeugt sein. Wir werden dann in dieser Uebereinstimmung eine so glänzende Rechtfertigung unserer Anschauungen finden, wie sie kaum auf anderem Wege gewonnen werden könnte.

Lassen Sie uns daher jetzt zunächst die Frage beantworten: »Wie wird sich, vorausgesetzt die Richtigkeit des biogenetischen Grundgesetzes, im Beginne des organischen Lebens auf der Erde (oder im Beginne der Schöpfung, wie man gewöhnlich sagt) der ursprüngliche einzellige Organismus verhalten haben, welcher den ersten Zellenstaat gründete und somit der Stammvater der vielzelligen höheren Organismen wurde?« Die Antwort ist sehr einfach. Er muss sich ganz ebenso verhalten haben, wie ein nach bewussten Zwecken handelndes menschliches Individuum, welches einen Staat oder eine Colonie gründet. Verfolgen wir diesen Vorgang in seiner einfachsten Form, wie er z. B. in dem inselreichen pacifischen Ocean bei Bevölkerung der isolirten Inseln leicht stattgefunden haben kann. Ein Südsee-Insulaner, der mit seinem Weibe in einem Boot auf den Fischfang ausgefahren ist, wird von einem Sturm überrascht, weit fortgeführt und endlich auf eine weit entfernte, bisher völlig unbewohnte Insel

verschlagen. Dieses »erste Menschen-Paar«, das auf dem einsamen Eiland isolirt bleibt und die Rolle von Adam und Eva spielt, erzeugt eine zahlreiche Nachkommenschaft und bildet so den Grundstamm für die künftige Bewohnerschaft der Insel. Ohne alle Hülfsmittel, wie sie sind, ohne die zahlreichen Unterstützungsmittel, welche die Gründer fortgeschrittener Cultur-Staaten besitzen, werden die Nachkommen dieses isolirten Wilden-Paares sich zunächst als echte Wilde entwickelt haben. Ihr einziger Lebenszweck wird Jahrhunderte hindurch so einfach geblieben sein, wie bei den niederen Thieren und Pflanzen: der einfache Zweck der Selbsterhaltung und der Erzeugung von Nachkommenschaft: sie werden sich mit den allereinfachsten organischen Functionen: der Ernährung und der Fortpflanzung begnügt haben. Hunger und Liebe sind ihre einzigen Triebfedern.

Lange, lange Zeit hindurch werden diese Wilden, die sich über die ganze Insel zerstreuten, alle nur den gleichen einfachen Zweck der Selbsterhaltung verfolgt haben. Allmählich aber häuften sich mehrere Familien an einzelnen Stellen an, es entstanden grössere Gemeinden und nun begannen sich vielfache Wechselbeziehungen zwischen den Individuen, und in Folge dessen die ersten Anfänge der Arbeitstheilung zu entwickeln. Einzelne Wilde blieben bei dem Fischfang und der Jagd, Andere fingen an das Land zu bebauen, noch andere übernahmen die Pflege der sich entwickelnden Religion und Medicin u. s. w. Kurz es sonderten oder differenzirten sich in Folge fortschreitender Arbeitstheilung die verschiedenen Stände oder Kasten, die in dem weiter entwickelten Staate sich immer schärfer von einander abgrenzen, die alle sich in verschiedene Aufgaben theilen und doch für den Zweck des Ganzen zusammenwirken. So entsteht allmählich aus der Nachkommenschaft eines einzigen Menschen-Paares zuerst eine einfache Gemeinde von ursprünglich gleichartigen Individuen, später ein mehr oder weniger geordnetes staatliches Gemeinwesen. In diesem können wir die mehr oder weniger fortgeschrittene Arbeitstheilung der Individuen oder die sogenannte Differenzirung geradezu als Maassstab für den Entwickelungsgrad der Cultur betrachten.

Der hier kurz angedeutete Vorgang, den Sie sich leicht selbst im Einzelnen weiter ausmalen können, wird nun in ähnlicher Weise vor vielen Millionen Jahren stattgefunden haben, als im Beginne des organischen Lebens auf der Erde sich zuerst einzellige, später vielzellige Organismen entwickelten. Zuerst haben die einzelnen Zellen, welche durch Fortpflanzung aus der ältesten Stammzelle entstanden,

isolirt für sich gelebt; jede verfolgte dieselben einfachen Aufgaben, wie alle anderen: sie begnügte sich mit der Selbsterhaltung, Ernährung und Fortpflanzung. Später sammelten sich isolirte Zellen zu Gemeinden. Gruppen von einfachen Zellen, die durch wiederholte Theilung einer Zelle entstanden, blieben beisammen, und nun fingen sie allmählich an, sich in verschiedene Lebensaufgaben zu theilen. Bald traten so die ersten Spuren einer Sonderung, Differenzirung oder Arbeitstheilung ein, indem die eine Zelle diese, die andere jene Aufgabe ergriff. Die einen Zellen werden sich wesentlich den Geschäften der Nahrungsaufnahme oder der Ernährung gewidmet, andere Zellen werden sich nur mit der Fortpflanzung beschäftigt, noch andere Zellen werden sich zu Schutzorganen der kleinen Gemeinde herausgebildet haben u. s. w. Kurz es werden verschiedene Stände oder Kasten in dem Zellenstaate entstanden sein, die verschiedene Lebensaufgaben verfolgten und doch für den Zweck des Ganzen zusammen wirkten. Je weiter diese Arbeitstheilung vorschritt, desto vollkommener oder »civilisirter« wurde der vielzellige Organismus, der differenzirte Zellenstaat.

Wir können in dieser Weise jenen Vergleich noch weiter verfolgen. Wir können a priori behaupten, dass in Folge der Wechselbeziehungen, welche der Kampf um's Dasein und das Zusammenleben vieler organischer Einzelwesen an einem gemeinsamen Wohnorte bedingt, im Beginne der organischen Erdgeschichte zuerst aus einem einzelligen Organismus eine vielzellige Gemeinde von lauter gleichartigen Individuen entstand, dass später zwischen diesen gleichartigen Zellen eine Arbeitstheilung eintrat, und dass endlich in Folge fortschreitender Sonderung derselben ein verwickelter vielzelliger Organismus mit vielen verschiedenen Organen entstand, die alle für den Zweck des Ganzen zusammenwirkten. Um diesen bedeutungsvollen Vergleich recht zu würdigen, würde es nöthig sein, hier sehr speciell auf die Lehre von der Arbeitstheilung oder Differenzirung einzugehen, die gegenwärtig in der Biologie eine sehr wichtige Rolle spielt, besonders seitdem wir durch DARWIN's Selections-Theorie ihre wahren Ursachen verstehen gelernt haben. Indessen muss ich Sie bezüglich der näheren Ausführung, die uns hier zu weit abführen würde, auf DARWIN's Lehre von der Divergenz des Charakters und auf meinen Vortrag über Arbeitstheilung verweisen. Theilweise werden wir noch später darauf zurückkommen[11].

Zunächst wollen wir jetzt vielmehr untersuchen, ob die phylogenetischen Voraussetzungen, die wir hier a priori gemacht haben.

mit den Thatsachen übereinstimmen, welche die Ontogenesis uns vor Augen führt; ob auch wirklich bei der individuellen Entwickelung der Organismen aus der Eizelle dieselben Erscheinungen zu Tage treten, die wir hier in jenem Vergleich als nothwendig vorausgesetzt haben. Da zeigt sich denn der ontogenetische Bildungs-Process im schönsten Einklang mit unseren Folgerungen, und wir finden, dass die Thatsachen der individuellen Entwickelung, wie wir sie mit unseren Augen unter dem Mikroskop verfolgen können, in der That vollkommen dem Bilde entsprechen, welches wir uns vorher a priori von dem phylogenetischen Entwickelungs-Process entworfen haben. In der That stimmen die ersten Vorgänge, welche bei der Entwickelung des Individuums aus der Eizelle eintreten, und auch die weiteren einfachen Entwickelungsvorgänge, die zunächst zu beobachten sind, ganz mit den Vorgängen überein, die wir soeben bei der historischen Entwickelung einer Colonie von Wilden verfolgt und für die ersten phylogenetischen Processe bei der Entstehung eines vielzelligen Organismus hypothetisch angenommen haben.

Im Beginne der individuellen Entwickelung entsteht zunächst aus der einfachen Eizelle durch wiederholte Theilung ein Haufen von gleichartigen Zellen. Wir können diese geradezu einer Gemeinde von Wilden vergleichen, die noch nicht civilisirt sind. Diese gleichartigen Zellen vermehren sich weiter und es entstehen immer grössere Zellenhaufen. Wie in unserem Gleichniss jene ganze Wilden-Colonie aus der Nachkommenschaft eines einzigen isolirten Menschen-Paares hervorging, so sind auch alle die gleichartigen Zellen dieses Haufens (die wir nachher unter dem Namen »Furchungskugeln« näher kennen lernen werden) die stammverwandten Nachkommen eines einzigen Zellenpaares. Ihr gemeinsamer Stammvater ist die männliche Spermazelle und ihre Stammmutter die weibliche Eizelle.

Anfangs sind alle diese zahlreichen Zellen, die aus der wiederholten Theilung der befruchteten Eizelle entstanden, ganz gleich und nicht zu unterscheiden. Allmählich aber tritt unter ihnen Arbeitstheilung ein, indem sie verschiedene Aufgaben übernehmen. Die einen besorgen die Ernährung, andere die Fortpflanzung, andere den Schutz, andere die Locomotion u. s. w. Wenn wir das gleich in die Sprache der Gewebelehre übersetzen, so können wir sagen: die einen von diesen Zellen werden zu Darmzellen, die anderen zu Muskelzellen, noch andere zu Knochenzellen, zu Nervenzellen, zu den Zellen der Sinnesorgane, zu den Zellen der Fortpflanzungsorgane u. s. f. Wir sehen also, dass der ganze individuelle Entwickelungsgang im

Wesentlichen jenem vorausgesetzten phylogenetischen Entwickelungsgange entspricht und darin finden wir eine glänzende Bestätigung unseres biogenetischen Grundgesetzes.

Diese Betrachtung leitet uns naturgemäss auf eine kurze Untersuchung der physiologischen Functionen oder Lebensthätigkeiten, welche überhaupt bei der individuellen, wie bei der phylogenetischen Entwickelung in Frage kommen. Scheinbar durchkreuzen und verflechten sich hier eine Menge von verwickelten Processen, und doch lassen sich eigentlich diese alle auf wenige einfache Functionen des Organismus zurückführen. Diese Functionen oder Lebens-Verrichtungen sind: 1) das Wachsthum; 2) die Ernährung; 3) die Anpassung: 4) die Fortpflanzung; 5) die Vererbung; 6) die Arbeitstheilung oder Differenzirung: 7) die Rückbildung und 8) die Verwachsung. Von besonderer Wichtigkeit für die Entwickelung der organischen Körperform sind die Vererbung, die Anpassung und das Wachsthum; diese müssen vorzugsweise als die formbildenden Functionen gelten.

Diejenige Lebenserscheinung, welche bei der Entwickelung der organischen Individuen die grösste Rolle spielt und recht eigentlich als die Fundamental-Function der Entwickelung betrachtet werden kann, ist das Wachsthum. Diese Function ist für die Keimes-Entwickelung von solcher Bedeutung, dass BAER sogar das allgemeinste Resultat seiner classischen Untersuchungen in dem einen Satze ausspricht: »Die Entwickelungsgeschichte des Individuums ist die Geschichte der wachsenden Individualität in jeglicher Beziehung.« Wo in der Natur ein neues Einzelwesen, ein Individuum sich entwickelt, da ist das Wachsthum die erste Vorbedingung, und das gilt eben so von den anorganischen (»leblosen«), wie von den organischen (»belebten«) Naturkörpern. Bei den ersteren, den Mineralien, ist dasselbe sehr oft die einzige Function ihrer Entwickelung. Gerade deshalb ist das Wachsthum besonders interessant, weil es ebenso für das anorganische Individuum, den Krystall, wie für das einfachste organische Individuum die Voraussetzung jeder weiteren Entwickelung ist. Wachsthum ist zunächst ganz allgemein: Ansatz gleichartiger Körpermasse. So wächst der anorganische Krystall, indem er aus der Flüssigkeit, in welcher er sich befindet, gleichartige Bestandtheile anzieht, die dann aus der flüssigen in die feste Form übergehen. Ebenso wächst auch das einfachste organische Individuum, die Zelle, indem sie aus dem umgebenden Medium, gewöhnlich einer Flüssigkeit, diejenigen Bestand-

theile an sich zieht und in festflüssige Form überführt, welche ihr mehr oder weniger gleichartig sind (Assimilation). Der Unterschied im Wachsthum der Krystalle und der einfachen organischen Individuen, der Zellen, besteht nur darin, dass erstere die neue Körpermasse äusserlich ansetzen, letztere sie innerlich aufnehmen. Dieser wesentliche Unterschied ist durch den verschiedenen Dichtigkeits-Zustand oder Aggregat-Zustand der beiderlei Körpergruppen bedingt. Die anorganischen Körper befinden sich entweder im festen oder im flüssigen oder im gasförmigen Zustande. Sie wachsen durch Apposition. Die organischen Körper befinden sich hingegen in dem vierten, dem weichen oder festflüssigen Aggregat-Zustande. Sie wachsen durch Intussusception.

Jenes individuelle oder trophische Wachsthum ist aber nur die einfache oder directe Form des Wachsthums, wie sie den Krystallen und den einfachen organischen Individuen erster Ordnung gemeinsam ist. Dieser einfachen Form steht zweitens das zusammengesetzte oder numerische Wachsthum gegenüber, welches wir im Laufe der Entwickelung bei allen vielzelligen Organismen, bei allen Individuen zweiter oder höherer Ordnung wahrnehmen. Hier wächst nicht, wie man denken könnte, die Zelle einfach fort, bis das ganze grosse organische Individuum mit allen seinen Theilen gebildet ist; sondern nachdem die Zelle ein gewisses, sehr geringes Maass der Grösse erreicht hat, überschreitet sie dasselbe nicht mehr, sondern zerfällt durch Theilung in zwei Zellen. Indem sich dieser Process des zusammengesetzten Wachsthums vielfach wiederholt, entsteht schliesslich ein vielzelliger Körper, der vielmals grösser ist, als die grössten Zellen. Hier ist das Wachsthum des grösser werdenden Organismus also nicht bloss Ansatz homogener Theile mehr, sondern beruht eigentlich auf der Zeugung, d. h. auf der Vermehrung des ursprünglich einfachen Individuums.

Ein weiterer Unterschied des organischen und anorganischen Wachsthums beruht darauf, dass das erstere stets mit Ernährung verbunden ist, das letztere nicht. Die Ernährung ist für die Existenz jedes lebenden Organismus nothwendig, denn mit allen Lebensthätigkeiten ist ein Verbrauch von Stoff oder Körpermasse verbunden; und dieser Stoff-Verlust muss durch Zuführung neuer Substanz oder Nahrung ersetzt werden. Dieser beständige Stoffwechsel, die Aufnahme und Aneignung neuer Nährstoffe, die Ausscheidung verbrauchter Körpertheilchen, kurz alle die Vorgänge, die man unter dem Hauptbegriff der Ernährung zusammenfasst, sind für die Leistungen

Inhalt des siebenten Vortrages.

Entwickelung des vielzelligen Organismus aus dem einzelligen. Der Zellen-Einsiedler und der Zellen-Staat. Die Grundzüge der Staatenbildung. Die Arbeitstheilung oder Differenzirung der Individuen als Maassstab für den erlangten Grad der Vervollkommnung. Parallelismus der Vorgänge bei der individuellen und der phyletischen Entwickelung. Die Functionen der Entwickelung. Wachsthum. Anorganisches und organisches Wachsthum. Einfaches und zusammengesetztes Wachsthum. Ernährung und Stoffwechsel. Anpassung und Abänderung. Fortpflanzung. Ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung. Vererbung. Arbeitstheilung oder Differenzirung. Rückbildung. Verwachsung oder Concrescenz. Die Functionen der Entwickelung sind von der Physiologie noch sehr wenig untersucht und daher der Entwickelungs-Process überhaupt oft ganz falsch beurtheilt worden. Die Entwickelung des Bewusstseins und die Grenzen der Naturerkenntniss. Sprungweise und allmähliche Entwickelung. Die Befruchtung. Die geschlechtliche Zeugung. Eizelle und Spermazelle. Die Theorie der Samenthierchen. Spermazellen eine besondere Art von Geisselzellen. Vermischung der männlichen Spermazelle mit der weiblichen Eizelle. Product derselben: Stammzelle oder Cytula. Wesen des Befruchtungs-Processes. Verhalten der Kerne bei demselben. Verschwinden des Keimbläschens. Monerula. Rückschlag in die Moneren-Form. Cytula.

VII.

Meine Herren!

Die klare Erkenntniss, dass jedes menschliche Individuum im Beginne seiner Existenz eine einfache Zelle ist, dass diese Eizelle derjenigen der übrigen Säugethiere wesentlich gleich ist, und dass die aus dieser Zelle hervorgehenden Entwickelungsformen beim Menschen und den übrigen höheren Säugethieren zunächst dieselben sind, diese Erkenntniss giebt uns das feste Fundament, von dem aus wir die weiteren Entwickelungsvorgänge verfolgen können. Wir haben dadurch erstens für den empirischen Theil der Entwickelungsgeschichte, für die unmittelbar mittelst des Mikroskopes zu verfolgenden Thatsachen der Ontogenese, die für deren Beurtheilung sehr wichtige Ueberzeugung gewonnen, dass der vielzellige entwickelte Organismus mit allen seinen verschiedenen Organen beim Menschen ebenso wie bei den übrigen Thieren aus einer einzigen einfachen Zelle hervorgeht. Zweitens haben wir dadurch für die Phylogenese, für den speculativen Theil der Entwickelungsgeschichte, der sich auf jene Thatsachen stützt, den Schluss erreicht, dass auch die ursprüngliche Stammform des Menschen wie der übrigen Thiere ein einzelliger Organismus war. Das ganze schwierige Problem der Entwickelungsgeschichte ist also jetzt dadurch auf die einfache Frage zurückgeführt: »Wie ist aus dem einfachen einzelligen Organismus der zusammengesetzte vielzellige Organismus entstanden? Durch welche natürlichen Vorgänge hat sich aus einer einfachen Zelle jener complicirte Lebens-Apparat mit allen seinen mannichfaltigen Organen hervorgebildet, dessen scheinbar sinnreiche und zweckmässige Construction wir in dem entwickelten Körper bewundern?«

Indem wir uns jetzt zur Beantwortung dieser Frage wenden, müssen wir vor Allem die bereits angedeutete Anschauung festhalten, dass der vielzellige Organismus durchaus nach denselben Gesetzen aufgebaut und zusammengesetzt ist, wie ein civilisirter Staat, in welchem sich viele verschiedene Staatsbürger zu verschiedenen Lei-

stungen und zu gemeinsamen Zwecken verbunden haben. Dieser Vergleich ist von der grössten Bedeutung für das ganze Verständniss der Zusammensetzung des Menschen aus vielen verschiedenartigen Zellen, und für das Verständniss des harmonischen Zusammenwirkens dieser verschiedenen Zellen zu einem scheinbar vorbedachten Zwecke. Wenn wir diesen Vergleich festhalten, und diese bedeutungsvolle Auffassung des vielzelligen entwickelten Organismus als eines staatlichen Verbandes von vielen Individuen auf seine Entwickelungsgeschichte anwenden, so gelangen wir zu dem richtigen Verständniss von dem eigentlichen Wesen der ersten und wichtigsten Entwickelungsvorgänge. Ja wir können sogar bei tieferem Nachdenken die ersten Stadien der Entwickelung errathen und a priori feststellen, ohne dass wir zunächst die Beobachtung, die Erkenntniss a posteriori, zu Hülfe nehmen.

Wir wollen einmal zunächst diesen umgekehrten Weg einschlagen und nicht, wie wir später thun werden, erst die Thatsachen der Ontogenesis betrachten und daran die phylogenetische Deutung knüpfen. Lassen Sie uns vielmehr hier umgekehrt versuchen zu errathen, wie sich die Entwickelung gestalten muss, wenn jener fundamentale Vergleich richtig ist. Wenn dann nachher die Thatsachen der Ontogenesis unsere Voraussetzungen bestätigen, so werden wir nur um so sicherer von der Wahrheit unserer phylogenetischen Schlüsse überzeugt sein. Wir werden dann in dieser Uebereinstimmung eine so glänzende Rechtfertigung unserer Anschauungen finden, wie sie kaum auf anderem Wege gewonnen werden könnte.

Lassen Sie uns daher jetzt zunächst die Frage beantworten: »Wie wird sich, vorausgesetzt die Richtigkeit des biogenetischen Grundgesetzes, im Beginne des organischen Lebens auf der Erde (oder im Beginne der Schöpfung, wie man gewöhnlich sagt) der ursprüngliche einzellige Organismus verhalten haben, welcher den ersten Zellenstaat gründete und somit der Stammvater der vielzelligen höheren Organismen wurde?« Die Antwort ist sehr einfach. Er muss sich ganz ebenso verhalten haben, wie ein nach bewussten Zwecken handelndes menschliches Individuum, welches einen Staat oder eine Colonie gründet. Verfolgen wir diesen Vorgang in seiner einfachsten Form, wie er z. B. in dem inselreichen pacifischen Ocean bei Bevölkerung der isolirten Inseln leicht stattgefunden haben kann. Ein Südsee-Insulaner, der mit seinem Weibe in einem Boot auf den Fischfang ausgefahren ist, wird von einem Sturm überrascht, weit fortgeführt und endlich auf eine weit entfernte, bisher völlig unbewohnte Insel

verschlagen. Dieses »erste Menschen-Paar«, das auf dem einsamen Eiland isolirt bleibt und die Rolle von Adam und Eva spielt, erzeugt eine zahlreiche Nachkommenschaft und bildet so den Grundstamm für die künftige Bewohnerschaft der Insel. Ohne alle Hülfsmittel, wie sie sind, ohne die zahlreichen Unterstützungsmittel, welche die Gründer fortgeschrittener Cultur-Staaten besitzen, werden die Nachkommen dieses isolirten Wilden-Paares sich zunächst als echte Wilde entwickelt haben. Ihr einziger Lebenszweck wird Jahrhunderte hindurch so einfach geblieben sein, wie bei den niederen Thieren und Pflanzen: der einfache Zweck der Selbsterhaltung und der Erzeugung von Nachkommenschaft: sie werden sich mit den allereinfachsten organischen Functionen: der Ernährung und der Fortpflanzung begnügt haben. Hunger und Liebe sind ihre einzigen Triebfedern.

Lange, lange Zeit hindurch werden diese Wilden, die sich über die ganze Insel zerstreuten, alle nur den gleichen einfachen Zweck der Selbsterhaltung verfolgt haben. Allmählich aber häuften sich mehrere Familien an einzelnen Stellen an, es entstanden grössere Gemeinden und nun begannen sich vielfache Wechselbeziehungen zwischen den Individuen, und in Folge dessen die ersten Anfänge der Arbeitstheilung zu entwickeln. Einzelne Wilde blieben bei dem Fischfang und der Jagd, Andere fingen an das Land zu bebauen, noch andere übernahmen die Pflege der sich entwickelnden Religion und Medicin u. s. w. Kurz es sonderten oder differenzirten sich in Folge fortschreitender Arbeitstheilung die verschiedenen Stände oder Kasten, die in dem weiter entwickelten Staate sich immer schärfer von einander abgrenzen, die alle sich in verschiedene Aufgaben theilen und doch für den Zweck des Ganzen zusammenwirken. So entsteht allmählich aus der Nachkommenschaft eines einzigen Menschen-Paares zuerst eine einfache Gemeinde von ursprünglich gleichartigen Individuen, später ein mehr oder weniger geordnetes staatliches Gemeinwesen. In diesem können wir die mehr oder weniger fortgeschrittene Arbeitstheilung der Individuen oder die sogenannte Differenzirung geradezu als Maassstab für den Entwickelungsgrad der Cultur betrachten.

Der hier kurz angedeutete Vorgang, den Sie sich leicht selbst im Einzelnen weiter ausmalen können, wird nun in ähnlicher Weise vor vielen Millionen Jahren stattgefunden haben, als im Beginne des organischen Lebens auf der Erde sich zuerst einzellige, später vielzellige Organismen entwickelten. Zuerst haben die einzelnen Zellen, welche durch Fortpflanzung aus der ältesten Stammzelle entstanden,

isolirt für sich gelebt; jede verfolgte dieselben einfachen Aufgaben, wie alle anderen: sie begnügte sich mit der Selbsterhaltung, Ernährung und Fortpflanzung. Später sammelten sich isolirte Zellen zu Gemeinden. Gruppen von einfachen Zellen, die durch wiederholte Theilung einer Zelle entstanden, blieben beisammen, und nun fingen sie allmählich an, sich in verschiedene Lebensaufgaben zu theilen. Bald traten so die ersten Spuren einer Sonderung, Differenzirung oder Arbeitstheilung ein, indem die eine Zelle diese, die andere jene Aufgabe ergriff. Die einen Zellen werden sich wesentlich den Geschäften der Nahrungsaufnahme oder der Ernährung gewidmet, andere Zellen werden sich nur mit der Fortpflanzung beschäftigt, noch andere Zellen werden sich zu Schutzorganen der kleinen Gemeinde herausgebildet haben u. s. w. Kurz es werden verschiedene Stände oder Kasten in dem Zellenstaate entstanden sein, die verschiedene Lebensaufgaben verfolgten und doch für den Zweck des Ganzen zusammen wirkten. Je weiter diese Arbeitstheilung vorschritt, desto vollkommener oder »civilisirter« wurde der vielzellige Organismus, der differenzirte Zellenstaat.

Wir können in dieser Weise jenen Vergleich noch weiter verfolgen. Wir können a priori behaupten, dass in Folge der Wechselbeziehungen, welche der Kampf um's Dasein und das Zusammenleben vieler organischer Einzelwesen an einem gemeinsamen Wohnorte bedingt, im Beginne der organischen Erdgeschichte zuerst aus einem einzelligen Organismus eine vielzellige Gemeinde von lauter gleichartigen Individuen entstand, dass später zwischen diesen gleichartigen Zellen eine Arbeitstheilung eintrat, und dass endlich in Folge fortschreitender Sonderung derselben ein verwickelter vielzelliger Organismus mit vielen verschiedenen Organen entstand, die alle für den Zweck des Ganzen zusammenwirkten. Um diesen bedeutungsvollen Vergleich recht zu würdigen, würde es nöthig sein, hier sehr speciell auf die Lehre von der Arbeitstheilung oder Differenzirung einzugehen, die gegenwärtig in der Biologie eine sehr wichtige Rolle spielt, besonders seitdem wir durch Darwin's Selections-Theorie ihre wahren Ursachen verstehen gelernt haben. Indessen muss ich Sie bezüglich der näheren Ausführung, die uns hier zu weit abführen würde, auf Darwin's Lehre von der Divergenz des Charakters und auf meinen Vortrag über Arbeitstheilung verweisen. Theilweise werden wir noch später darauf zurückkommen [44].

Zunächst wollen wir jetzt vielmehr untersuchen, ob die phylogenetischen Voraussetzungen, die wir hier a priori gemacht haben,

mit den Thatsachen übereinstimmen, welche die Ontogenesis uns vor Augen führt; ob auch wirklich bei der individuellen Entwickelung der Organismen aus der Eizelle dieselben Erscheinungen zu Tage treten, die wir hier in jenem Vergleich als nothwendig vorausgesetzt haben. Da zeigt sich denn der ontogenetische Bildungs-Process im schönsten Einklang mit unseren Folgerungen, und wir finden, dass die Thatsachen der individuellen Entwickelung, wie wir sie mit unseren Augen unter dem Mikroskop verfolgen können, in der That vollkommen dem Bilde entsprechen, welches wir uns vorher a priori von dem phylogenetischen Entwickelungs-Process entworfen haben. In der That stimmen die ersten Vorgänge, welche bei der Entwickelung des Individuums aus der Eizelle eintreten, und auch die weiteren einfachen Entwickelungsvorgänge, die zunächst zu beobachten sind, ganz mit den Vorgängen überein, die wir soeben bei der historischen Entwickelung einer Colonie von Wilden verfolgt und für die ersten phylogenetischen Processe bei der Entstehung eines vielzelligen Organismus hypothetisch angenommen haben.

Im Beginne der individuellen Entwickelung entsteht zunächst aus der einfachen Eizelle durch wiederholte Theilung ein Haufen von gleichartigen Zellen. Wir können diese geradezu einer Gemeinde von Wilden vergleichen, die noch nicht civilisirt sind. Diese gleichartigen Zellen vermehren sich weiter und es entstehen immer grössere Zellenhaufen. Wie in unserem Gleichniss jene ganze Wilden-Colonie aus der Nachkommenschaft eines einzigen isolirten Menschen-Paares hervorging, so sind auch alle die gleichartigen Zellen dieses Haufens (die wir nachher unter dem Namen »Furchungskugeln« näher kennen lernen werden) die stammverwandten Nachkommen eines einzigen Zellenpaares. Ihr gemeinsamer Stammvater ist die männliche Spermazelle und ihre Stammmutter die weibliche Eizelle.

Anfangs sind alle diese zahlreichen Zellen, die aus der wiederholten Theilung der befruchteten Eizelle entstanden, ganz gleich und nicht zu unterscheiden. Allmählich aber tritt unter ihnen Arbeitstheilung ein, indem sie verschiedene Aufgaben übernehmen. Die einen besorgen die Ernährung, andere die Fortpflanzung, andere den Schutz, andere die Locomotion u. s. w. Wenn wir das gleich in die Sprache der Gewebelehre übersetzen, so können wir sagen: die einen von diesen Zellen werden zu Darmzellen, die anderen zu Muskelzellen, noch andere zu Knochenzellen, zu Nervenzellen, zu den Zellen der Sinnesorgane, zu den Zellen der Fortpflanzungsorgane u. s. f. Wir sehen also, dass der ganze individuelle Entwickelungsgang im

Wesentlichen jenem vorausgesetzten phylogenetischen Entwickelungsgange entspricht und darin finden wir eine glänzende Bestätigung unseres biogenetischen Grundgesetzes.

Diese Betrachtung leitet uns naturgemäss auf eine kurze Untersuchung der physiologischen Functionen oder Lebensthätigkeiten, welche überhaupt bei der individuellen, wie bei der phylogenetischen Entwickelung in Frage kommen. Scheinbar durchkreuzen und verflechten sich hier eine Menge von verwickelten Processen, und doch lassen sich eigentlich diese alle auf wenige einfache Functionen des Organismus zurückführen. Diese Functionen oder Lebens-Verrichtungen sind: 1) das Wachsthum; 2) die Ernährung; 3) die Anpassung; 4) die Fortpflanzung; 5) die Vererbung; 6) die Arbeitstheilung oder Differenzirung; 7) die Rückbildung und 8) die Verwachsung. Von besonderer Wichtigkeit für die Entwickelung der organischen Körperform sind die Vererbung, die Anpassung und das Wachsthum; diese müssen vorzugsweise als die formbildenden Functionen gelten.

Diejenige Lebenserscheinung, welche bei der Entwickelung der organischen Individuen die grösste Rolle spielt und recht eigentlich als die Fundamental-Function der Entwickelung betrachtet werden kann, ist das Wachsthum. Diese Function ist für die Keimes-Entwickelung von solcher Bedeutung, dass Baer sogar das allgemeinste Resultat seiner classischen Untersuchungen in dem einen Satze ausspricht: »Die Entwickelungsgeschichte des Individuums ist die Geschichte der wachsenden Individualität in jeglicher Beziehung.« Wo in der Natur ein neues Einzelwesen, ein Individuum sich entwickelt, da ist das Wachsthum die erste Vorbedingung, und das gilt eben so von den anorganischen (»leblosen«), wie von den organischen (»belebten«) Naturkörpern. Bei den ersteren, den Mineralien, ist dasselbe sehr oft die einzige Function ihrer Entwickelung. Gerade deshalb ist das Wachsthum besonders interessant, weil es ebenso für das anorganische Individuum, den Krystall, wie für das einfachste organische Individuum die Voraussetzung jeder weiteren Entwickelung ist. Wachsthum ist zunächst ganz allgemein: Ansatz gleichartiger Körpermasse. So wächst der anorganische Krystall, indem er aus der Flüssigkeit, in welcher er sich befindet, gleichartige Bestandtheile anzieht, die dann aus der flüssigen in die feste Form übergehen. Ebenso wächst auch das einfachste organische Individuum, die Zelle, indem sie aus dem umgebenden Medium, gewöhnlich einer Flüssigkeit, diejenigen Bestand-

theile an sich zieht und in festflüssige Form überführt, welche ihr mehr oder weniger gleichartig sind (Assimilation). Der Unterschied im Wachsthum der Krystalle und der einfachen organischen Individuen, der Zellen, besteht nur darin, dass erstere die neue Körpermasse äusserlich ansetzen, letztere sie innerlich aufnehmen. Dieser wesentliche Unterschied ist durch den verschiedenen Dichtigkeits-Zustand oder Aggregat-Zustand der beiderlei Körpergruppen bedingt. Die anorganischen Körper befinden sich entweder im festen oder im flüssigen oder im gasförmigen Zustande. Sie wachsen durch Apposition. Die organischen Körper befinden sich hingegen in dem vierten, dem weichen oder festflüssigen Aggregat-Zustande. Sie wachsen durch Intussusception.

Jenes individuelle oder trophische Wachsthum ist aber nur die einfache oder directe Form des Wachsthums, wie sie den Krystallen und den einfachen organischen Individuen erster Ordnung gemeinsam ist. Dieser einfachen Form steht zweitens das zusammengesetzte oder numerische Wachsthum gegenüber, welches wir im Laufe der Entwickelung bei allen vielzelligen Organismen, bei allen Individuen zweiter oder höherer Ordnung wahrnehmen. Hier wächst nicht, wie man denken könnte, die Zelle einfach fort, bis das ganze grosse organische Individuum mit allen seinen Theilen gebildet ist; sondern nachdem die Zelle ein gewisses, sehr geringes Maass der Grösse erreicht hat, überschreitet sie dasselbe nicht mehr, sondern zerfällt durch Theilung in zwei Zellen. Indem sich dieser Process des zusammengesetzten Wachsthums vielfach wiederholt, entsteht schliesslich ein vielzelliger Körper, der vielmals grösser ist, als die grössten Zellen. Hier ist das Wachsthum des grösser werdenden Organismus also nicht bloss Ansatz homogener Theile mehr, sondern beruht eigentlich auf der Zeugung, d. h. auf der Vermehrung des ursprünglich einfachen Individuums.

Ein weiterer Unterschied des organischen und anorganischen Wachsthums beruht darauf, dass das erstere stets mit Ernährung verbunden ist, das letztere nicht. Die Ernährung ist für die Existenz jedes lebenden Organismus nothwendig, denn mit allen Lebensthätigkeiten ist ein Verbrauch von Stoff oder Körpermasse verbunden; und dieser Stoff-Verlust muss durch Zuführung neuer Substanz oder Nahrung ersetzt werden. Dieser beständige Stoffwechsel, die Aufnahme und Aneignung neuer Nährstoffe, die Ausscheidung verbrauchter Körpertheilchen, kurz alle die Vorgänge, die man unter dem Hauptbegriff der Ernährung zusammenfasst, sind für die Leistungen

der Entwickelung eben so nothwendige Vorbedingungen, wie für alle übrigen Lebens-Thätigkeiten; sie sind eben so unentbehrlich für die Entwickelung der einzelnen Zelle, wie für diejenige des ganzen vielzelligen Organismus. Die Ernährung der einzelnen Zelle geschieht gewöhnlich dadurch, dass ihre weiche, festflüssige Zellsubstanz aus den umgebenden Säften ihr Nahrungs-Material in flüssiger Form aufsaugt, seltener dadurch, dass sie feste geformte Körperchen in sich hineindrückt. Ebenso geschieht auch die Ausscheidung der verbrauchten Stoffe meistens in flüssiger, seltener in fester Form.

Unmittelbar mit der Ernährung hängt die hochwichtige Lebens-Function der Anpassung zusammen, welche bei der fortschreitenden Entwickelung der Organismen die grösste Rolle spielt und eigentlich die wichtigste Ursache jedes Fortschritts und jeder Vervollkommnung des Organismus ist. Die Anpassung vermittelt alle die Abänderungen oder Variationen, welche die organischen Formen unter dem Einflusse der äusseren Existenz-Bedingungen erleiden; sie ist die eigentliche Ursache jeder Abänderung. Da ich die Bedeutung der Abänderung und die verschiedenen Gesetze der Anpassung schon ausführlich in meiner Generellen Morphologie und Natürlichen Schöpfungsgeschichte erörtert habe, kann ich hier auf eine weitere Besprechung derselben verzichten. Ich mache Sie nur noch darauf aufmerksam, dass alle diese verschiedenen Anpassungsgesetze füglich unter die beiden dort unterschiedenen Reihen gebracht werden können, einerseits die indirecte oder potentielle Anpassung, anderseits die directe oder actuelle Anpassung. Dass alle diese mannigfaltigen und wichtigen Erscheinungen sich vom physiologischen Gesichtspunkte aus auf die mechanische Function der Ernährung und zwar auf die elementaren Ernährungs-Verhältnisse der Zellen zurückführen lassen, habe ich zuerst in meiner Generellen Morphologie bewiesen (Band II, S. 193—226).

Wie die fortschreitende Anpassung mit der Ernährung, so hängt anderseits die conservative Vererbung mit der Fortpflanzung zusammen. Auch diese Leistung des Organismus lässt sich wieder auf die vorigen Functionen zurückführen. Denn im Grunde ist »die Fortpflanzung eine Ernährung und ein Wachsthum des Organismus über das individuelle Maass hinaus, welche einen Theil desselben zum Ganzen erhebt« (Generelle Morphologie, Band II, Seite 16). Es hängen also diese beiden Functionen ganz innig zusammen. Die elterliche Zeugung oder Fortpflanzung ist nur eine Fortsetzung des individuellen Wachsthums. Dieses beruht aber in



seiner zusammengesetzten Form selbst wieder auf der Zeugung, der Vermehrung der constituirenden einfachen Individuen. Während einerseits die Fortpflanzung nur als ein Wachsthum des Individuums über sein individuelles Maass hinaus erscheint, so lässt sich anderseits das zusammengesetzte Wachsthum auf die Fortpflanzung der einfachen Individuen erster Ordnung zurückführen. Diese Auffassung führt uns zu einem klaren Verständniss der Fortpflanzung und damit auch der Vererbung, die sonst als ein räthselhafter und dunkler Vorgang erscheint.

Um sich von ihrer Richtigkeit zu überzeugen, muss man von der einfachsten Form der Fortpflanzung ausgehen, von der Theilung, wie wir sie fast bei jeder Zelle sehen. Wenn die Zelle durch reichliche Aufnahme von Nahrung ihr gewöhnliches Maass erreicht und überschreitet, so zerfällt sie durch Theilung in zwei Zellen. (Fig. 16). Ebenso tritt bei vielzelligen Thieren (z. B. Korallen), wenn ein gewisses individuelles Maass des Wachsthums überschritten wird, nothwendig eine Spaltung, ein Zerfall in zwei neue Individuen ein. Von dieser einfachsten Form der Fortpflanzung ausgehend können wir die zahlreichen verwickelten Formen derselben verstehen lernen, die wir besonders bei niederen Thieren und Pflanzen antreffen. An die Theilung schliesst sich zunächst die Knospenbildung, dann die Keimknospenbildung und weiterhin die Keimzellenbildung oder Sporenbildung an. Alle diese Formen der Vermehrung werden als ungeschlechtliche Fortpflanzung oder Monogonie zusammengefasst; niemals bedarf es hier des Zusammenwirkens verschiedener Individuen, um die Entstehung neuer selbstständiger Individuen zu bewirken.[45]

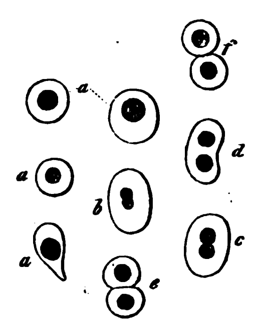


Fig. 16.

Ganz anders verhält sich die geschlechtliche Fortpflanzung oder Amphigonie. Ihr Wesen besteht darin, dass zwei verschiedene Zellen in bestimmter Weise sich verbinden und mit einan-

Fig. 16. Blutzellen, welche sich durch Theilung vermehren, aus dem Blute eines jungen Hirsch-Embryo. Jede Blutzelle hat ursprünglich einen Kern und ist kugelig (a). Sobald sie sich vermehren will, zerfällt zunächst der Zellenkern oder Nucleus in zwei Kerne (b, c, d). Dann schnürt sich auch der Protoplasmakörper zwischen den beiden Kernen ein, die sich von einander entfernen (e). Endlich wird diese Abschnürung vollständig und die ganze Zelle zerfällt in zwei Tochterzellen (f). (Nach Frey.)

der verschmelzen müssen, um die Entstehung eines neuen Individuums zu veranlassen. Da wir auf diesen geschlechtlichen Fortpflanzungsprocess gleich zurückkommen werden, wenn wir die Befruchtung des Eies betrachten, so brauchen wir hier nicht weiter dabei zu verweilen. Wir wollen nur hervorheben, dass dieser geschlechtliche Zeugungs-Vorgang trotz seiner Eigenthümlichkeit sich doch eng an die höheren Formen der ungeschlechtlichen Zeugung und besonders an die Keimzellenbildung anschliesst. Während aber bei der letzteren sich eine einzelne Zelle aus dem Staats-Verbande des vielzelligen Organismus ablöst und die Grundlage eines neuen Individuums bildet, müssen bei der ersteren zu diesem Zwecke zwei verschiedene Elementar-Individuen, eine weibliche Eizelle und eine männliche Samenzelle sich mit einander verbinden, und in eine einzige Zellenmasse verschmelzen. Erst das so entstandene Doppel-Individuum ist im Stande, durch Theilung einen Zellenhaufen zu bilden, aus dem sich dann weiter ein neuer vielzelliger Organismus entwickelt[46]. (Vergl. den XXV. Vortrag).

Unmittelbar hängt mit der Fortpflanzung eine fünfte, höchst wichtige Entwickelungs-Function zusammen, die Vererbung. Ebenso wie wir die Anpassung auf die Ernährung zurückführen konnten, ebenso sind wir im Stande, die Vererbung als eine nothwendige Theil-Erscheinung der Fortpflanzung nachzuweisen, und zwar gilt das von beiden Reihen der Vererbungs-Gesetze, sowohl von denjenigen der conservativen (oder erhaltenden) als von denjenigen der progressiven (oder fortschreitenden) Vererbung. Da ich auch diese hochwichtigen Vererbungs-Gesetze, die mit den Anpassungs-Gesetzen in beständiger Wechselwirkung stehen, in der Natürlichen Schöpfungsgeschichte ausführlich erläutert habe, wollen wir uns hier nicht bei ihnen aufhalten. (Generelle Morphologie, Band II, S. 170—191.)

Eine sechste Entwickelungs-Function von ausserordentlicher Bedeutung, welche man aber erst in neuerer Zeit recht zu würdigen begonnen hat, ist die Arbeitstheilung oder Differenzirung. Wir haben schon vorher gesehen, dass die Arbeitstheilung nicht allein im Staatenleben und im Gemeindeleben, sondern auch ebenso in dem socialen Zellen-Verbande jedes vielzelligen Organismus die wichtigste Triebfeder für die fortschreitende Entwickelung ist. Jeder Blick in einen Gemeinde-Verband oder in eine staatliche Organisation lehrt uns ja, dass einerseits die Vertheilung der verschiedenen Aufgaben an die verschiedenen Stände der Staatsbürger und anderseits das Zusammenwirken dieser einzelnen Individuen für den gemeinsamen

Staatszweck die erste Bedingung für jede höhere Entwickelung und Civilisation darstellt. Gerade so verhält es sich in jedem vielzelligen Organismus. Jedes vielzellige Individuum im Thier- und Pflanzenreiche ist um so vollkommener entwickelt, und steht um so höher, je ausgebildeter die Arbeitstheilung seiner constituirenden Elemente, der differenzirten Zellen-Individuen, ist. Bei den verschiedenen Organismen-Klassen finden wir daher diese Sonderung oder Differenzirung bald in mehr, bald in weniger ausgebildetem Zustande. Die einfachste Art der Arbeitstheilung finden wir bei denjenigen niederen Thieren, in deren Körper nur zweierlei Arten von Zellen sich gesondert haben. Das ist z. B. bei den niedersten Pflanzenthieren der Fall, bei den Schwämmen oder Spongien und bei den einfachsten Polypen, sowie bei deren gemeinsamen Stammformen, den Gasträaden. Hier finden wir in dem ganzen vielzelligen Körper nur zweierlei verschiedene Zellen: die eine Zellenart vermittelt die Ernährung und Fortpflanzung; die andere hingegen die Empfindung und Bewegung dieser Thiere. Diese beiden Arten von Zellen sind dieselben, welche auch bei dem ersten Differenzirungs-Process der Keimblätter im menschlichen Embryo zunächst zur Ausbildung gelangen. Bei den meisten höheren Thieren geht aber diese Differenzirung oder Arbeitstheilung der Zellen viel weiter. Da übernehmen einige bloss das Geschäft der Ernährung; andere das der Fortpflanzung: eine dritte Gruppe von Zellen übernimmt die äussere Bedeckung des Körpers und bildet die Haut; eine vierte Gruppe, die Muskelzellen, bildet das Fleisch; eine fünfte Gruppe, die Nervenzellen, entwickelt sich zu den Organen des Empfindens, des Wollens, des Denkens u. s. w. Und doch sind alle diese verschiedenartigen Zellen ursprünglich nur aus der einfachen Eizelle und deren gleichartigen Nachkommen durch Arbeitstheilung hervorgegangen. Diese Arbeitstheilung oder Differenzirung der Zellen ist nun aber in der Stammesgeschichte ursprünglich gerade so entstanden, wie die Arbeitstheilung der Menschen in dem sich entwickelnden Kulturstaate. Später, in der Keimesgeschichte, erscheint sie nur noch durch Vererbung übertragen, und wird bloss nach dem biogenetischen Grundgesetze wiederholt. Obgleich nun die Arbeitstheilung im Allgemeinen meistens zu einem Fortschritt sowohl des ganzen Organismus als auch der verschiedenen constituirenden Individuen, der einzelnen Zellen, führt, so ist dieselbe doch in vielen Fällen auch Veranlassung zum Rückschritt oder zur Rückbildung. Nicht allein fortschreitende, sondern auch rückschreitende Veränderungen stellen sich im Gefolge der Arbeitstheilung ein.

Die Rückbildung überhaupt ist als eine siebente Entwickelungs-Function zu betrachten, und spielt als solche keine geringe Rolle. Bei der Entwickelung fast eines jeden höheren Organismus sehen wir, dass neben der fortschreitenden Ausbildung der meisten Organe auch in einzelnen Theilen rückschreitende Entwickelungs-Processe vorkommen. Bei der Zelle äussert sich gewöhnlich diese rückschreitende Metamorphose zuerst darin, dass im Zellstoffe Fettkörnchen sich bilden. Indem das Protoplasma fettig degenerirt, geht die Zelle zu Grunde. Während des Laufes der phylogenetischen sowohl als der ontogenetischen Entwickelung können so ganze Organe rückgebildet werden, indem ihre constituirenden Zellen fettig entarten und aufgelöst werden. So verschwinden z. B. während der Keimesentwickelung des Menschen und der übrigen Säugethiere gewisse Knorpel, Muskeln u. s. w., welche bei den Fischen, unseren uralten Vorfahren, eine grosse Bedeutung hatten. Diese ontogenetische Rückbildung ist die, durch Vererbung bedingte Wiederholung eines gleichen phylogenetischen Processes. Die höchst interessanten »rudimentären Organe« sind solche rückgebildete Körpertheile, von denen sich Ueberbleibsel auf verschiedenen Stufen der Entwickelung noch erhalten. (Vergl. S. 89.) Dergleichen finden sich fast bei jedem höheren vielzelligen Organismus, der eine bedeutende Stufe der Entwickelung erreicht; hier ist fast niemals der Gesammtfortschritt des Ganzen durch die gleichmässig fortschreitende Entwickelung aller Zellen bedingt; vielmehr gehen während der Ontogenese eine Anzahl von Zellen zu Grunde, während andere sich auf deren Kosten fortbilden. Dieselbe Erscheinung treffen wir ja auch in der menschlichen Gesellschaft an. Auch hier gehen viele Individuen früher oder später zu Grunde, ohne das Etwas aus ihnen wird: während die Mehrzahl sich mehr oder weniger fortschreitend entwickelt. Dieser Vergleich trifft vollkommen zu. Denn die Verhältnisse der Zusammensetzung sind im Staate und im vielzelligen Organismus dieselben.

Endlich haben wir noch als eine achte und letzte Function der organischen Entwickelung die Verwachsung oder Concrescenz zu erwähnen. Zwar ist dieselbe bisher wenig beachtet und nicht sehr auffallend: aber für manche Vorgänge ist sie doch recht wichtig. Die Verwachsung besteht darin, dass zwei oder mehrere Individuen, die ursprünglich getrennt waren, nachträglich sich verbinden und zu einem einzigen Individuum zusammenwachsen. Wir können den Vorgang der geschlechtlichen Zeugung als Verwachsung zweier Zellen betrachten. Ebenso finden wir vielfach eine Verwachsung von Zellen

bei anderen Entwickelungsprocessen. Gerade diejenigen Gewebe des Thierkörpers, welche die höchsten Functionen vollziehen, das Muskelgewebe oder das Fleisch, welches die Ortsbewegung vermittelt, das Nervengewebe, welches die Functionen des Empfindens, des Wollens, des Denkens bewirkt, bestehen zum grossen Theil aus verwachsenen oder verschmolzenen Zellen. Aber nicht allein die Zellen, die Individuen erster Ordnung, sondern auch die Organe, die Individuen zweiter Ordnung, verwachsen im Verlaufe der Ontogenese sehr häufig mit einander zu einem zusammengesetzten Gebilde. Sogar ganze Personen können mit einander verwachsen, wie das z. B. bei den Schwämmen sehr oft der Fall ist. Der Process der Concrescenz (die man häufig auch wohl als Conjugation oder Copulation bezeichnet) ist in gewisser Beziehung der umgekehrte Vorgang, wie derjenige der Fortpflanzung. Bei der letzteren entstehen aus einem Individuum zwei oder mehrere neue, während bei der ersteren aus mehreren Individuen ein einziges entsteht. In der Regel besitzt dieses Individuum eine höhere Function, als die beiden einzelnen, aus deren Verschmelzung es hervorgegangen ist.

Wenn Sie jetzt nochmals einen kurzen Rückblick auf die verschiedenen Lebensthätigkeiten des Organismus werfen, die wir hier als die eigentlichen Functionen der Entwickelung, als die wahren formbildenden Kräfte des entstehenden Organismus aufgeführt haben, so werden Sie sich leicht überzeugen, dass sie sämmtlich einer streng physiologischen Untersuchung zugänglich sind. Trotzdem hat man dieselben zum Theil bis auf die neueste Zeit noch nicht genauer untersucht und in Folge dessen sehr oft die Entwickelungs-Vorgänge als etwas durchaus Räthselhaftes und Eigenthümliches, ja sogar theilweise als etwas Wunderbares und Uebernatürliches betrachtet. Das geht so weit, dass selbst heute noch viele und namhafte Naturforscher behaupten, die Erscheinungen der Entwickelung überschritten die Grenzen der menschlichen Erkenntniss und seien nicht ohne Zuhülfenahme übernatürlicher Kräfte erklärbar.

Dieses befremdende Verhältniss, welches ein wenig erfreuliches Licht auf den heutigen Zustand unserer Wissenschaft wirft, ist vorzugsweise durch die einseitige Richtung der modernen Physiologie zu erklären. Wie schon früher gelegentlich bemerkt wurde, bekümmert sich die heutige Physiologie weder um die Functionen der Entwickelung, noch um die Entwickelung der Functionen. Zwar ist sie mit dankenswerther Energie bemüht, die Erkenntniss einzelner Functions-Gruppen, welche einer exacten, mathematisch-physikalischen Behand-

lung unmittelbar zugänglich sind (z. B. die Physiologie der Sinnesorgane, der Muskelbewegung, des Blutkreislaufs u. s. w.) bis zur höchsten Vollendung auszubauen. Aber anderseits berücksichtigt sie viele wichtige Functions-Gruppen, welche nicht unmittelbar mittelst dieser exacten Methode angreifbar sind, wenig oder gar nicht. Das gilt z. B. von den chorologischen und oekologischen Functionen, von vielen psychologischen Phänomenen und Wachsthums-Verhältnissen, vor allen aber von den wichtigsten eben angeführten Entwickelungs-Functionen: der Vererbung und der Anpassung. Was wir bis jetzt von diesen beiden einflussreichsten physiologischen Leistungen der Entwickelung wissen, ist fast Alles durch die Untersuchungen der Morphologen, nicht der Physiologen entdeckt worden, obwohl diese letzteren in ihrem eigenen Interesse Veranlassung genug hätten, sich ernstlich an die Untersuchung jener Functionen zu begeben. Ebenso sind auch die wichtigen Functionen des Wachsthums und der Verwachsung, der Differenzirung und der Rückbildung noch sehr wenig einer genaueren Untersuchung von Seiten der Physiologie unterzogen worden.

Aus dieser Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte erklärt sich auch das geringe Interesse und der Mangel an Verständniss, welchen die heutige Physiologie für die Descendenz-Theorie zeigt. Nachdem DARWIN diese letztere durch seine Züchtungs-Theorie von einer neuen Seite her begründet und den Weg zur physiologischen Erklärung der Species-Bildung gezeigt hatte, war der Physiologie ein ganz neues Gebiet der interessantesten Forschung geöffnet. Sie hat dieses Gebiet fast noch gar nicht betreten und unsere physiologische Erkenntniss von den Entwickelungs-Vorgängen ebenso wenig in Bezug auf die ontogenetischen als auf die phylogenetischen Processe gefördert. Ja es haben sogar — mit wenigen rühmlichen Ausnahmen — die meisten Physiologen sich gar nicht um die Descendenz-Theorie gekümmert, und noch heute halten einige ihrer berühmtesten Vertreter diese wichtigste biologische Theorie für eine »unbewiesene und bodenlose Hypothese«.

Nur aus diesem Mangel an Verständniss der Entwickelungsgeschichte und ihrer Bedeutung lässt es sich erklären, dass z. B. der berühmte Berliner Physiologe DU BOIS-REYMOND 1872 auf der Naturforscher-Versammlung zu Leipzig in der bekannten Rede »über die Grenzen des Naturerkennens« das menschliche Bewusstsein für eine Erscheinung erklärte, die absolut und unbedingt die Grenzen des menschlichen Erkenntnissvermögens überschreite. Er dachte nicht



daran, dass sich auch das Bewusstsein, gleich jeder anderen Gehirnthätigkeit entwickelt. Er kam nicht auf den naheliegenden Gedanken, dass sich auch das Bewusstsein der Menschen-Gattung durch viele phylogenetische Stufen hindurch ganz ebenso allmählig entwickelt haben muss, wie sich noch heute bei jedem Kinde das individuelle Bewusstsein durch viele ontogenetische Stufen hindurch allmählich ausbildet.

Nur aus diesem Mangel an Verständniss für die Functionen und den physiologischen Process der Entwickelung lässt es sich ferner begreifen, dass noch heute angesehene und kenntnissreiche Naturforscher alles Ernstes darüber streiten, ob die Speciesbildung — oder mit anderen Worten: die phyletische Entwickelung der Formen — sprungweise oder allmählich geschehe. Dieser Streit ist eben so sinnvoll wie es der Streit sein würde, ob die Maus ein grosses oder ein kleines Thier ist. Der Elephant wird natürlich die Maus für ein winzig kleines Thier erklären, wogegen die Laus, welche den Pelz der Maus bewohnt, sie für ein riesengrosses Thier halten muss. Ebenso wie hier die Schätzung der Raumgrösse, so ist dort die Schätzung der Zeitgrösse rein relativ, nur bezugsweise zu verstehen.

Jeder Entwickelungs-Process ist als solcher ununterbrochen, und wirkliche Sprünge oder Unterbrechungen kommen niemals dabei vor. *Natura non facit saltus!* Die Natur macht keine Sprünge! Das gilt ebenso von den ontogenetischen wie von den phylogenetischen Vorgängen, ebenso von der Entwickelung des Individuums, wie von derjenigen der Species. Allerdings scheinen auch in der Ontogenese manchmal Sprünge vorzukommen, z. B. wenn sich der Schmetterling aus der verpuppten Raupe, oder wenn sich eine Meduse aus einem ganz anders gestalteten hydroiden Polypen entwickelt. Allein der Morphologe, welcher den Gang dieser sprungweisen Entwickelungs-Processe Schritt für Schritt genau verfolgt, findet, dass überall ununterbrochener Zusammenhang existirt, und dass jeder neue Formzustand unmittelbar aus dem nächstvorhergehenden hervorgeht. Ueberall ist causaler und continuirlicher Zusammenhang, nirgends ein plötzlicher und unbegründeter Sprung. Nur wenn die Geschwindigkeit des Entwickelungs-Processes einmal verlangsamt und dann wieder plötzlich beschleunigt ist, oder wenn die Vererbung abgekürzt ist, kann uns das Resultat desselben wohl als ein unvermittelter Sprung erscheinen.

Dieser ununterbrochene causale Zusammenhang der Entwickelungs-Vorgänge besteht eben so in der Keimesgeschichte, wie in der

Stammesgeschichte. Denn da die Ontogenie ja nur eine kurze, durch die Vererbung bedingte und durch die Anpassung modificirte Wiederholung der Phylogenie ist, so kann bei der letzteren ebenso wenig als bei der ersteren jemals ein wahrer Sprung oder eine unvermittelte Kluft zwischen zwei auf einander folgenden Entwickelungsformen existiren. Auch bei der Entwickelung der Arten, wie bei derjenigen der Individuen, bildet sich jede neue Form unmittelbar aus der vorhergehenden hervor. Auch hier behält der physiologische Entwickelungs-Process stets seinen Zusammenhang. Selbst in denjenigen extremen Fällen, wo wirklich eine neue Form ganz plötzlich zu entstehen scheint, wie bei der sogenannten »sprungweisen oder monströsen Anpassung«, selbst da liegt ein ununterbrochener physiologischer Entwickelungs-Vorgang zu Grunde, der nur wegen seiner verhältnissmässigen Schnelligkeit oder wegen seines bedeutenden Resultates uns als »ein plötzlicher Sprung« erscheint.

Betrachten wir als auffallendes Beispiel einen schon öfters beobachteten Fall solcher »sprungweisen Abänderung«. Ein gewöhnlicher zweihörniger Ziegenbock, dessen Gattin auch eine gewöhnliche zweihörnige Ziege ist, erzeugt ein Böckchen, aus dessen Schädel vier Hörner hervorwachsen, statt der bisher in dieser Ziegenfamilie erblich gewesenen zwei Hörner. Da ist »sprungweise« eine neue vierhörnige Ziegenform entstanden, und unter günstigen Umständen kann dieses Böckchen der Stammvater einer ganz neuen vierhörnigen Rasse (oder im Falle correlativer Anpassung und constanter Vererbung) einer neuen »guten Art« werden.

Wenn wir nun aber die physiologischen Functionen der Entwickelung aufsuchen, die diese neue Rasse oder Art »plötzlich« gebildet haben, so finden wir als erste Ursache eine Abänderung in der erblichen Ernährung an zwei Stellen des Stirnbeins und der dieses bedeckenden Haut vor. In Folge der übermässigen localen Ernährung des Knochengewebes und der dadurch bedingten massenhaften Zellen-Vermehrung wächst an diesen beiden Stellen »allmählich« ein Knochenzapfen hervor, und in Folge correlativer Anpassung verwandelt sich die behaarte Stirnhaut, die beide Knochenzapfen bedeckt, in eine harte kahle Hornscheide, gerade so wie bei den zwei älteren, längst erblichen Ziegenhörnern. Indem jene beiden Knochenzapfen weiter hervorwachsen und ihre Hornscheiden sich entsprechend vergrössern, entsteht das neue, zweite Hörner-Paar hinter dem ersten. Alle die Entwickelungs-Functionen, die diese neue vierhörnige Ziegenform »plötzlich und sprungweise« hervorbringen, sind im Grunde

ganz »allmähliche und ununterbrochene« Veränderungen in der Entwickelung der hier vorhandenen Zellenmassen; sie beruhen auf veränderten Ernährungs-Verhältnissen der Gewebe an diesen beiden Stellen des Knochens und der Haut. Sie sehen, wie uns hier eine genaue Untersuchung der physiologischen Entwickelungs-Function den anscheinend wunderbaren Process ganz natürlich erklärt. Das gilt aber gerade so von der individuellen wie von der phyletischen Entwickelung.

Dasselbe gilt nun auch von einem Entwickelungs-Vorgang, den man ganz vorzugsweise mit dem mystischen Nebelschleier eines übernatürlichen Wunders zu umhüllen liebt, nämlich von der Befruchtung oder der geschlechtlichen Zeugung. Diese bildet bei allen höheren Thieren und Pflanzen den ersten Act, mit welchem die Entwickelung des neuen Individuums beginnt. Zunächst ist hier zu bemerken, dass dieser wichtige Vorgang keineswegs so allgemein in der Thier- und Pflanzenwelt verbreitet ist, wie man gewöhnlich annimmt. Vielmehr giebt es eine sehr grosse Anzahl von niederen Organismen, die sich immer nur ungeschlechtlich vermehren, z. B. die Amoeben, Gregarinen, Flagellaten, Foraminiferen, Radiolarien, Myxomyceten u. s. w. Bei diesen findet keinerlei Art von Befruchtung statt; die Vermehrung der Individuen und die Erhaltung der Art beruht bei ihnen bloss auf der ungeschlechtlichen Zeugung, die bald als Theilung, bald als Knospenbildung, bald als Sporenbildung auftritt. Hingegen ist bei allen höheren Organismen, sowohl Thieren als Pflanzen, die geschlechtliche Fortpflanzung die allgemeine Regel, und die ungeschlechtliche Vermehrung der Personen kommt daneben entweder gar nicht oder nur selten vor. Insbesondere findet sich bei den Wirbelthieren niemals »Jungfrauenzeugung oder *Parthenogenesis*«. Das muss gegenüber dem berühmten Dogma von der »unbefleckten Empfängniss« ausdrücklich hervorgehoben werden. So wenig beim Menschen, als bei irgend einem anderen Wirbelthiere ist jemals solche »unbefleckte Empfängniss« wirklich beobachtet worden [48].

Die geschlechtliche oder sexuelle Fortpflanzung bietet bei den verschiedene Klassen der Thiere und Pflanzen ungemein mannichfaltige und interessante Verhältnisse dar, die namentlich die Vermittelung der Befruchtung, die Uebertragung des männlichen Sperma auf das weibliche Ei, betreffen. Diese Verhältnisse sind nicht allein für die Fortpflanzung selbst, sondern zugleich für die Entstehung der organischen Körperformen, und namentlich der Unterschiede beider Geschlechter, von der grössten Bedeutung. Insbesondere treten hier-

bei Thiere und Pflanzen in die merkwürdigste Wechselwirkung. Die ausgezeichneten neueren Untersuchungen von CHARLES DARWIN und HERMANN MÜLLER »über die Befruchtung der Blumen durch Insecten« haben uns darüber die interessantesten Nachweise geliefert[49]). In Folge dieser Wechselwirkung entsteht ein sehr verwickelter anatomischer Geschlechts-Apparat. So interessant diese Erscheinungen an sich sind, so können wir doch hier nicht darauf eingehen, weil sie für das Wesen des eigentlichen Befruchtungs-Processes nur eine untergeordnete Bedeutung haben. Hingegen müssen wir um so schärfer die Natur dieses Processes selbst, die Bedeutung der geschlechtlichen Zeugung, ins Auge fassen.

Bei jedem Befruchtungs-Vorgang kommen, wie schon bemerkt, zwei verschiedene Zellen-Arten in Betracht, eine weibliche und eine männliche Zelle. Die weibliche Zelle wird bei den Thieren allgemein als Ei oder Eizelle (*Ovulum*) bezeichnet, die männliche als Spermazelle oder Samenzelle (*Zoospermium, Spermatozoon*). Die weibliche Eizelle, deren Form und Zusammensetzung wir bereits genau betrachtet haben, ist bei allen Thieren ursprünglich von derselben einfachen Beschaffenheit. Sie ist anfänglich weiter Nichts als eine kugelige nackte Zelle, aus Protoplasma und Zellkern bestehend. (Fig. 10, S. 109). Wenn diese Zelle frei liegt, so dass sie sich bewegen kann, führt sie häufig langsame, amoebenartige Bewegungen aus, wie wir es vom Ei der Schwämme gesehen haben (Fig. 14, S. 117). Meistens aber wird sie später in besondere, sehr verschieden gebildete und oft sehr zusammengesetzte Hüllen und Schalen eingeschlossen. Die Eizelle gehört im Ganzen zu den grössten Zellen, die es überhaupt giebt. Sie ist fast bei allen Thieren grösser als alle übrigen Zellen.

Die andere Zelle, welche bei der Befruchtung in Betracht kommt, die männliche Spermazelle, gehört umgekehrt zu den kleinsten Zellen des Thierkörpers. Die Befruchtung geschieht in der Regel dadurch, dass entweder innerhalb des weiblichen Körpers oder ausserhalb desselben eine von dem männlichen Individuum abgesonderte, schleimige Flüssigkeit mit der Eizelle in Berührung gebracht wird. Diese Flüssigkeit heisst Sperma oder männlicher Samen. Das Sperma ist gleich dem Speichel und dem Blute keine einfache klare Flüssigkeit, sondern ein dichter Haufen von äusserst zahlreichen Zellen, die in einer verhältnissmässig geringen Quantität von Flüssigkeit umherschwimmen. Nicht diese Flüssigkeit selbst, sondern die darin schwimmenden Zellen bewirken die Befruchtung. Diese Sperma-

Zellen haben bei der grossen Mehrzahl der Thiere zwei besondere Eigenthümlichkeiten. Erstens sind sie ausserordentlich klein, gewöhnlich die kleinsten Zellen des Organismus, und zweitens besitzen sie meistens eine ganz eigenthümliche lebhafte Bewegung, die man als Samenfädenbewegung bezeichnet. Im Zusammenhange mit dieser Bewegung steht die Form der Zellen. Bei den meisten Thieren, wie auch bei vielen niederen Pflanzen (nicht aber bei den höheren) besteht jede dieser Zellen aus einem sehr kleinen nackten Zellenkörper, der einen länglichen Kern umschliesst, und einem langen schwingenden Faden, der sich an den Körper anschliesst. (Fig. 17). Es hat sehr

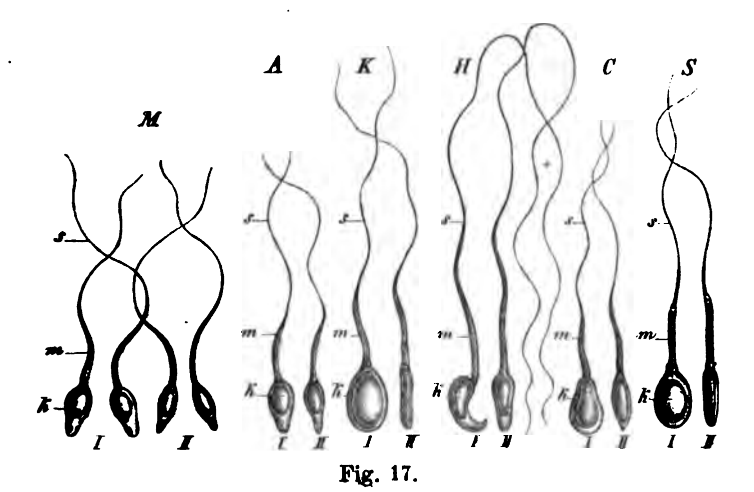


Fig. 17.

lange gedauert, ehe man erkannte, dass diese Gebilde einfache Zellen sind. Früher hielt man sie allgemein für besondere Thiere und nannte sie »Samenthiere« (*Spermatozoa*). Erst durch die eingehenden Untersuchungen der letzten Jahre haben wir die sichere Ueberzeugung gewonnen, dass in der That jedes dieser sogenannten Samenthierchen eine einfache Zelle ist. Daher heissen sie am besten einfach Samenzellen, Spermazellen oder Samenfäden. Beim Menschen haben sie dieselbe Form wie bei vielen anderen Wirbelthieren und wie

---

Fig. 17. Samenzellen oder Spermazellen aus dem männlichen Samen verschiedener Säugethiere. Der birnförmige plattgedrückte Kern-Theil der Samenzelle (der sogenannte »Kopf des Samenthierchens«) ist in *I* von der breiten, in *II* von der schmalen Seite gesehen. *k* Kern der Spermazellen. *m* Mittelstück derselben (Protoplasma). *s* Beweglicher schwanzförmiger Anhang (Geissel). *M* Vier Spermazellen vom Menschen. *A* Zwei Spermazellen vom Affen; *K* vom Kaninchen; *H* von der Hausmaus; *C* vom Hund; *S* vom Schwein.

bei der Mehrzahl der wirbellosen Thiere. Indessen besitzen bei manchen niederen Thieren die Samenzellen eine ganz andere Form. So sind sie z. B. beim Flusskrebs starre, runde Zellen, die sich nicht bewegen, versehen mit besonderen borstenförmigen starren Fortsätzen. Ebenso besitzen dieselben bei einigen Würmern eine ganz abweichende Gestalt, z. B. bei den Fadenwürmern. Bisweilen sind sie hier amoebenartig und gleichen sehr kleinen Eizellen. Aber auch bei den meisten niederen Thieren, z. B. bei den Schwämmen und Polypen, haben sie dieselbe »stecknadelförmige Gestalt« wie beim Menschen und den übrigen Säugethieren. (Fig. 17).

Nachdem der holländische Naturforscher LEEUWENHOEK im Jahre 1677 zuerst diese fadenförmigen, lebhaft sich bewegenden Körperchen im männlichen Samen entdeckt hatte, glaubte man allgemein, dass dieselben besondere, selbstständige, kleine Thierchen, gleich den Infusionsthierchen seien, und nannte sie eben deshalb geradezu »Samenthierchen«. Wir haben schon früher darauf hingewiesen, dass dieselben in der damals aufgestellten falschen Praeformations-Theorie eine grosse Rolle spielten, weil man glaubte, dass der ganze entwickelte Organismus mit allen seinen Theilen, nur sehr klein und noch unentfaltet, in jedem Samenthierchen vorgebildet existire. (Vergl. oben S. 30.) Die letzteren brauchten nur in den fruchtbaren Boden der weiblichen Eizelle einzudringen, damit sich der praeformirte menschliche Körper entfalten und mit allen seinen Theilen wachsen könne. Diese grundfalsche Ansicht ist jetzt vollständig widerlegt, und wir wissen durch die genauesten Untersuchungen, dass die beweglichen Samenkörperchen weiter nichts als echte Zellen sind, und zwar Zellen von derjenigen Art, die man Geisselzellen nennt. In den früheren Darstellungen hat man an jedem angeblichen »Samenthierchen« einen Kopf, Rumpf und Schwanz unterschieden. Der sogenannte »Kopf« (Fig. 17 *k*) ist weiter nichts als der länglich runde oder eirunde Zellenkern, der Körper oder das Mittelstück (*m*) eine Anhäufung von Zellstoff, und der Schwanz (*s*) eine fadenförmige Verlängerung desselben. Wir wissen ausserdem jetzt, dass diese Samenthierchen gar nicht einmal eine ganz besondere Zellenform darstellen: vielmehr kommen auch an vielen anderen Stellen des Thierkörpers ganz ähnliche bewegliche Zellen oder Flimmerzellen vor. Haben diese Zellen zahlreiche Fortsätze, so heissen sie Wimperzellen: hat hingegen jede Flimmerzelle nur einen Fortsatz, so heisst sie Geisselzelle. Aehnliche Geisselzellen wie die Spermazellen sind z. B. die Darmzellen der Schwämme.

Der Vorgang der Befruchtung bei der geschlechtlichen Zeugung beruht also im Wesentlichen darauf, dass zwei verschiedene Zellen zusammenkommen und mit einander verschmelzen oder verwachsen. Früher haben über diesen Act die wunderbarsten Ansichten geherrscht. Man hat darin immer etwas durchaus Mystisches finden wollen und hat die verschiedensten Hypothesen darüber aufgestellt. Erst die letzten Jahre haben uns durch genauere Forschungen zu der Ueberzeugung geführt, dass der Vorgang der Befruchtung im Grunde sehr einfach ist und durchaus nichts besonders Geheimnissvolles an sich trägt. Er beruht im Wesentlichen nur darauf, dass die männliche Samenzelle mit der weiblichen Eizelle verschmilzt. Die lebhaft bewegliche Spermazelle sucht sich vermittelst ihrer schlängelnden Bewegungen den Weg zur weiblichen Eizelle, dringt vermittelst bohrender Bewegungen durch die Membran der letzteren hindurch und löst sich in ihrem Zellstoff auf.

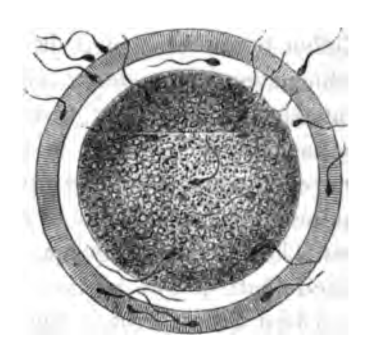


Fig. 18.

Hier wäre nun ein sehr geeigneter Ort für den Dichter, das wunderbare Geheimniss des Befruchtungsvorganges in glänzenden Farben zu schildern und die Kämpfe der lebendigen »Samenthierchen« zu beschreiben, die voll Begierde um die viel umworbene Eizelle herumtanzen, sich den Eingang durch die feinen Porencanäle des Chorion streitig machen und dann »mit Bewusstsein« in das Protoplasma der Dottermasse hineintauchen, wo sie in selbstloser Hingabe an ihr besseres Ich sich vollständig auflösen. Auch könnten hier die Liebhaber der Teleologie die besondere Weisheit des Schöpfers bewundern, der in der Eihülle zahlreiche feine Porencanäle angebracht hat, damit die »Samenthierchen« durch sie hindurch treten können. Allein der kritische Naturforscher fasst diesen poetischen Vorgang, diese »Krone der Liebe« sehr nüchtern als den Verwachsungs-Process zweier Zellen auf.

Fig. 18. Die Befruchtung der Eizelle durch die Samenzellen. Die fadenförmigen lebhaft beweglichen Spermazellen dringen durch die feinen Porencanäle der Eihaut in die körnige Masse des Dotters hinein, wo sie sich auflösen. Der Kern der Eizelle ist verschwunden.

Dadurch wird erstens die Eizelle zur weiteren Entwickelung angeregt und zweitens die Uebertragung der erblichen Eigenschaften beider Eltern auf das Kind vermittelt.

Die befruchtete Eizelle ist demnach ein ganz anderes Wesen als die unbefruchtete Eizelle. Denn da wir die Samenfäden oder Spermazellen so gut wie die Eizelle als echte Zellen betrachten, und da die Befruchtung wesentlich in der Verschmelzung der ersteren mit der letzteren besteht, so ist die daraus entstehende Zelle als ein ganz neuer, selbstständiger Organismus zu betrachten. Sie enthält in dem Protoplasma der eingetretenen Spermazellen einen Theil des väterlichen, männlichen Körpers, hingegen in dem damit vermischten Protoplasma der ursprünglichen Eizelle einen Theil des mütterlichen, weiblichen Körpers. Das geht eben unzweifelhaft daraus hervor, dass das Kind viele Eigenschaften von beiden Eltern erbt. Die Vererbung vom Vater wird durch die Spermazelle, die Vererbung von der Mutter durch die Eizelle vermittelt. Aus der wirklichen Vermischung oder Verwachsung beider Zellen entsteht erst die neue Zelle, welche die Grundlage des Kindes, des neu erzeugten Organismus liefert.

Um ein richtiges und klares Verständniss der Befruchtung zu gewinnen, halte ich es für unerlässlich, dieses einfache, aber höchst wichtige und bisher nicht genügend gewürdigte Verhältniss als grundlegend zu betonen. Ich bezeichne demnach die neue Zelle, aus der eigentlich das Kind hervorgeht und welche gewöhnlich schlechtweg »die befruchtete Eizelle« oder »die erste Furchungskugel« genannt wird, mit einem besonderen Namen: als Stammzelle (*Cytula*), und den Kern derselben als Stammkern (*Cytococcus*). Der Name »Stammzelle« scheint mir deshalb der einfachste und passendste, weil alle übrigen Zellen des Organismus von ihr abstammen und weil sie im eigentlichsten Sinne der Stammvater und zugleich die Stammmutter aller der zahllosen Zellen-Generationen ist, aus denen sich später der vielzellige Organismus zusammensetzt. Die höchst zusammengesetzte moleculare Bewegung des Protoplasma, welche wir mit einem Worte »Leben« nennen, ist natürlich in dieser Stammzelle etwas ganz Anderes, als in den beiden verschiedenen Eltern-Zellen, aus deren Verschmelzung sie entstanden ist. Das Leben der Stammzelle oder Cytula ist das Product oder die Resultante aus der väterlichen Lebensbewegung, welche durch die Spermazelle, und aus der mütterlichen Lebensbewegung, welche durch die Eizelle übertragen wurde.

Alle guten Beobachtungen der neueren Zeit stimmen darin überein, dass die individuelle Entwickelung des Menschen ebenso wie der übrigen Thiere mit der Bildung einer solchen »Stammzelle« beginnt und dass diese bei der weiteren Entwickelung zunächst durch wiederholte Theilung (oder »Furchung«) in einen Haufen von Zellen zerfällt, die sogenannten Furchungskugeln oder Furchungszellen (*Segmentella*). Dagegen bestehen noch bis auf den heutigen Tag die lebhaftesten Streitigkeiten darüber, wie eigentlich die Stammzelle entsteht und wie sich bei ihrer Bildung und im Befruchtungs-Acte selbst Eizelle und Spermazelle zu einander verhalten. Früher nahm man gewöhnlich an, (und auch noch heute halten einige namhafte Naturforscher daran fest), dass der ursprüngliche Kern der Eizelle (S. 111, Fig. 11), das sogenannte Keimbläschen, bei der Befruchtung unverändert erhalten bleibe und unmittelbar in den Stammkern (den »Kern der ersten Furchungskugel«) übergehe. Dagegen sind die meisten neueren Beobachter zu der Ueberzeugung gelangt, die auch wir theilen, dass das Keimbläschen (der ursprüngliche Eikern) früher oder später zu Grunde gehe, und dass der Stammkern neu sich bilde. Aber auch darüber, wann und wie sich dieser neue Kern der Stammzelle bilde, gehen die Ansichten gegenwärtig noch sehr auseinander. Die Einen nehmen an, dass das Keimbläschen vor der Befruchtung, die Anderen, dass es nach derselben verschwinde. Einige behaupten, dass es aus der Eizelle ausgestossen werde, Andere, dass es sich im Dotter derselben auflöse. Die Einen sind der Ansicht, dass es vollständig, die Anderen, dass es nur theilweise zu Grunde gehe.

Wir können hier nicht auf alle die verschiedenen Ansichten eingehen, die über diese merkwürdigen und sehr schwierig zu untersuchenden Einzel-Vorgänge der Befruchtung neuerdings aufgestellt worden sind. Wenn Sie sich dafür näher interessiren, muss ich Sie auf die bezüglichen werthvollen Arbeiten von AUERBACH, BÜTSCHLI, HERTWIG, STRASBURGER u. A. verweisen[50]. Hier können wir nur diejenige Auffassung kurz darlegen, welche gegenwärtig als die wahrscheinlichste gilt. Die Mehrzahl der betreffenden Forscher nimmt jetzt als allgemein gültigen Vorgang bei der Befruchtung an, dass das Keimbläschen, der ursprüngliche Kern der Eizelle, schon vor der Befruchtung zu Grunde gehe, entweder ausgestossen oder im Dotter aufgelöst werde. Als geformter Bestandtheil bleibt entweder gar Nichts oder nur der sogenannte »Keimfleck«, das »Kernkörperchen« der Eizelle in deren Dotter zurück. Nach HERTWIG u. A. soll dieses letztere mit dem Spermakern oder dem Kern der eingedrungenen

Spermazelle verschmelzen und aus dieser Verschmelzung der Stammkern oder der Kern der Stammzelle hervorgehen. Nach anderen Beobachtern hingegen soll der letztere sich ganz neu im Protoplasma der Stammzelle bilden (Fig. 21).

Die Mehrzahl der Beobachter nimmt also gegenwärtig an, dass zwischen der ursprünglichen kernhaltigen Eizelle und der unzweifelhaft kernhaltigen »Stammzelle« ein Stadium existirt, in welchem ein eigentlicher »Zellenkern oder Nucleus« fehlt und demnach das ganze organische Individuum nicht mehr den Formwerth einer echten kernhaltigen Zelle, sondern einer kernlosen Cytode besitzt, d. h. eines einfachen Protoplasma-Körpers, in welchem kein wahrer Zellenkern oder Nucleus zu finden ist. (Vergl. S. 105.) Auch wenn wir mit HERTWIG annehmen, dass das Keimbläschen nicht vollständig zu Grunde geht, sondern der Keimfleck zurückbleibt und mit dem Nucleus (oder dem Nucleolus?) der Spermazelle im Momente der Befruchtung verschmilzt, auch dann können wir sagen, dass der Stammzellen-Kern erst durch den letzteren Act neu entsteht, und also dem einzelligen Keimstadium (der Stammzelle) ein kernloses Stadium vorausgeht, in welchem der Keim nur den Formwerth einer Cytode besitzt. Wir wollen dieses letztere, einfachste Stadium aus Gründen, die wir später kennen lernen werden, als Monerula bezeichnen[51]. (Fig. 19.)

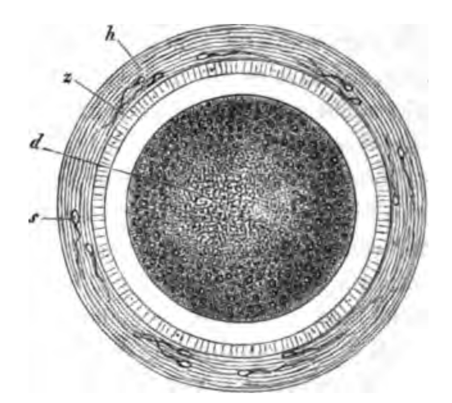


Fig. 19.

Fig. 19. Monerula des Säugethieres (vom Kaninchen). Die befruchtete Eizelle nach Verlust des Keimbläschens ist eine einfache Protoplasma-Kugel (d). Die äussere Umhüllung derselben wird durch die veränderte Zona pellucida (z) und eine äusserlich darum gelagerte Schleimschicht (h) gebildet. In dieser sind noch einzelne Spermazellen sichtbar (s).

Wir betrachten es als eine Thatsache vom höchsten Interesse, dass das Menschenkind, wie jedes andere Thier, in diesem ersten Stadium seiner individuellen Existenz eine kernlose Protoplasma-Kugel, eine wahre Cytode darstellt, einen gleichartigen, structurlosen Körper, ohne differente Formbestandtheile. Denn in dieser »Monerula«-Form besitzt der thierische und ebenso der menschliche Organismus die einfachste Formbeschaffenheit, die wir uns überhaupt vorstellen können. Die einfachsten von allen Organismen, die wir thatsächlich kennen, und zugleich die denkbar einfachsten Organismen sind die Moneren, meistens mikroskopisch kleine formlose Körperchen, die aus einer homogenen Substanz, einer eiweissartigen oder schleimigen weichen Masse bestehen, Körperchen ohne Structur, ohne Zusammensetzung aus verschiedenen Organen und doch mit allen Lebenseigenschaften des Organismus begabt. Sie bewegen sich, ernähren sich und pflanzen sich durch Theilung fort (Fig. 20). Diese

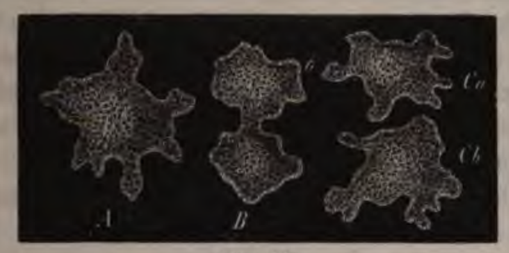


Fig. 20.

Moneren sind deshalb von grosser Wichtigkeit, weil sie uns für die Lehre von der ersten Entstehung des Lebens auf unserer Erde die sichersten Anhaltspunkte darbieten. Wir werden später noch ihre Bedeutung zu würdigen haben. (S. den XVI. Vortrag). Hier wollen wir nur einstweilen die höchst merkwürdige Thatsache betonen, dass in der Keimesgeschichte ebenso wie in der Stammesgeschichte der Thier-Organismus seine Entwickelung als structurloses Schleimkügelchen beginnt. Auch der Organismus des Menschen und der höheren Thiere existirt kurze Zeit hindurch in dieser denkbar einfachsten Form, und seine individuelle Entwickelung nimmt von dieser einfach-

---

Fig. 20. Ein Moner (Protamoeba) in der Fortpflanzung begriffen. *A* Das ganze Moner, welches nach Art der Amoeba (Fig. 13) sich mittelst veränderlicher Fortsätze bewegt. *B* Dasselbe zerfällt durch eine mittlere Einschnürung in zwei Hälften. *C* Jede der beiden Hälften hat sich von der anderen getrennt und stellt nun ein selbstständiges Individuum dar. (Stark vergrössert.)

sten Form ihren Ausgang. Das ganze hoffnungsvolle Menschenkind ist jetzt weiter Nichts als ein einfaches Kügelchen von Urschleim (Fig. 19). Die Hülle ist noch vorhanden, erscheint aber als ein völlig passiver Theil des Eies, der an den activen Entwickelungs-Veränderungen desselben gar keinen thätigen Antheil nimmt. Wir können daher diese Hülle einstweilen bei Seite lassen, und wollen erst später auf die Veränderungen, welche sie nachher erleidet, eingehen: für den eigentlichen Entwickelungsprocess selbst ist sie völlig bedeutungslos. Es beschäftigt uns jetzt also bloss der Inhalt der Eikugel, der homogene Dotter, den wir in diesem kernlosen Zustande, eben in Erinnerung an die Monerenform, »Monerula« nennen.

Wenn wir nun auch in morphologischer Beziehung keinerlei verschiedene Form-Bestandtheile in der Monerula wahrnehmen können, so müssen wir doch in chemischer Beziehung dieselbe als ein sehr zusammengesetztes Product aus wenigstens vier verschiedenen Mischungs-Bestandtheilen betrachten, nämlich: 1) dem mütterlichen Protoplasma der Eizelle; 2) dem väterlichen Protoplasma der Spermazelle; 3) der mütterlichen Substanz des Keimbläschens (Kernsubstanz oder Nuclein der Eizelle); und 4) der väterlichen Substanz des Spermakerns (Kernsubstanz oder Nuclein der Samenzelle). Aus der Vermischung der beiden ersteren Substanzen (1, 2) scheint das Protoplasma der Stammzelle (Fig. 21 *p*), aus der Vermischung der

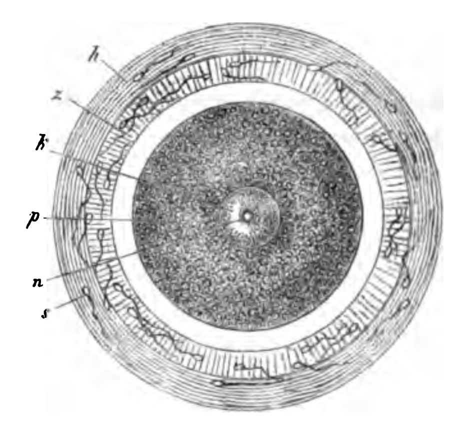


Fig. 21.

Fig. 21. Stammzelle oder Cytula des Säugethieres (vom Kaninchen). *k* Stammkern. *n* Kernkörperchen oder Nucleolus desselben. *p* Protoplasma der Stammzelle. *z* Veränderte Zona pellucida. *s* Spermazellen. *h* Aeussere Eiweisshülle.

beiden letzteren (3, 4) der Stammkern (Cytulococcus) hervorzugehen (Fig. 21 *k*) [52].

Die Stammzelle (Cytula Fig. 21), welche man früher ohne Weiteres als die »befruchtete« Eizelle ansah, ist also von der ursprünglichen Eizelle sowohl in Bezug auf ihre Formbeschaffenheit (morphologisch), als in Bezug auf ihre materielle Zusammensetzung (chemisch), als endlich auch in Bezug auf ihre Lebenseigenschaften (physiologisch) sehr wesentlich verschieden. Sie ist zum Theil väterlichen, zum Theil mütterlichen Ursprungs; und wir werden es nun nicht mehr wunderbar finden, wenn das Kind, das sich aus dieser Stammzelle entwickelt, von beiden Eltern individuelle Eigenschaften erbt [53].

Die Lebensthätigkeiten einer jeden Zelle bilden eine Summe von mechanischen Processen, die im Grunde auf Bewegungen der kleinsten »Lebenstheilchen« oder der Moleküle der lebendigen Substanz beruhen. Wenn wir diese active Substanz allgemein als Plasson und ihre Moleküle als Plastidule bezeichnen, so können wir sagen, dass der individuelle physiologische Charakter einer jeden Zelle auf ihrer molecularen Plastidul-Bewegung beruht. Die Plastidulbewegung der Cytula ist demnach die Resultante aus den vereinigten Plastidulbewegungen der weiblichen Eizelle und der männlichen Spermazelle. Wenn wir die beiden letzteren als Seitenlinien im Parallelogramm der Kräfte betrachten, so ist die Plastidulbewegung der Cytula deren Diagonale. Die Bedeutung dieser Auffassung für die mechanische Erklärung der elementaren Entwickelungs-Vorgänge habe ich entwickelt in meiner Schrift über »die Perigenesis der Plastidule oder die Wellenzeugung der Lebenstheilchen« (1876).

Zweite Tabelle.

Uebersicht über die Bestandtheile des einzelligen Keim-Organismus vor und nach der Befruchtung.

(Vergl. die Abhandlungen von EDUARD STRASBURGER [Ueber Zellbildung, Zelltheilung und Befruchtung, II. Aufl. Jena 1876]; von OSCAR HERTWIG [Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. 1875]; von LEOPOLD AUERBACH [Organologische Studien. 1874] und von OTTO BÜTSCHLI [Studien über die ersten Entwickelungs-Vorgänge der Eizelle etc. 1876]).[54]

I. Die männliche oder väterliche Geschlechtszelle, befruchtend.	**II. Die weibliche oder mütterliche Geschlechtszelle, empfangend.**	**III. Die kindliche Zelle, das Product der Verwachsung von I und II.**
Die Spermazelle. *Spermulum.* Synonym: Samenzelle. Samenfaden. Samenthierchen. Spermatozoon. Zoospermium. Fig. 17. S. 141.	**Die Eizelle.** *Ovulum.* Synonym: Das unbefruchtete Ei. Fig. 1. S. 100. Fig. 10. S. 109.	**Die Stammzelle.** *Cytula.* Synonym: Das befruchtete Ei. Die erste Furchungskugel. Die älteste Furchungszelle. *Segmentella prima.* Fig. 21. S. 148.
Bestandtheile: **I. A. Das Protoplasma der Spermazelle:** (*Spermoplasma.*) Mittelstück und Schwanz des Samenfadens, nebst Rindenschicht des »Kopfes«	Bestandtheile: **II. A. Das Protoplasma der Eizelle:** (*Ovoplasma.*) Dotter, Eidotter, Lecythus, Vitellus.	Bestandtheile: **III. A. Das Protoplasma der Stammzelle:** »Furchungsdotter«. (*Cytuloplasma.*) Protoplasma der ersten Furchungskugel (Product der Verschmelzung von I. A. und II. A.)
I. B. Der Kern (Nucleus) der Spermazelle. *Spermococcus.* Spermakern (HERTWIG). »Kopf des Samenthiers« (nach Abzug einer dünnen Rindenschicht).	**II. B. Der Kern (Nucleus) der Eizelle.** *Ovococcus.* Keimbläschen oder Purkinje's Bläschen (Vesicula germinativa), enthaltend den Keimfleck (Macula germinativa), oder das Kernkörperchen, das nach HERTWIG zum »Ei-	**III. B. Der Kern (Nucleus) der Stammzelle.** *Cytulococcus.* Furchungskern (HERTWIG). Keimkern (STRASBURGER). Kern der ersten Furchungskugel (Product der Verschmelzung des Spermakerns und des Eikerns?).[54]

Achter Vortrag.

Die Eifurchung und die Keimblätterbildung.

»Die Unterscheidung der Schichten (oder Blätter) in der Keimhaut ist ein Wendepunkt in dem Studium der Entwickelungsgeschichte geworden und hat den späteren Forschungen das wahre Licht angezündet. Zunächst tritt eine Spaltung des (scheibenförmigen) Embryo in einen animalischen und einen plastischen Theil auf. Wenn die Spaltung erfolgt ist, hat jede Lage zwei Schichten. In der unteren Lage (dem plastischen oder vegetativen Keimblatt) ist ein Schleimblatt und ein Gefässblatt, jedes von eigenthümlicher Organisation. In der oberen Lage (dem animalischen oder serösen Keimblatt) sind auch zwei Schichten deutlich zu unterscheiden, eine Fleischschicht und eine Hautschicht.«

Karl Ernst Baer (1828).

Inhalt des achten Vortrages.

Erste Vorgänge nach erfolgter Befruchtung der Eizelle. Die ursprüngliche oder palingenetische Form der Eifurchung. Bedeutung des Furchungs-Processes. Maulbeerkeim oder Morula. Blasenkeim oder Blastula. Keimhaut oder Blastoderma. Einstülpung der Keimhautblase. Bildung der Gastrula. Urdarm und Urmund. Die beiden primären Keimblätter: Exoderm und Entoderm. Cenogenetische Formen der Eifurchung. Ungleichmässige Furchung und Hauben-Gastrula der Amphibien und Säugethiere. Totale und partielle Furchung. Holoblastische und meroblastische Eier. Scheibenförmige Furchung und Scheiben-Gastrula: Fische, Reptilien, Vögel. Oberflächliche Furchung und Blasen-Gastrula: Gliederthiere. Permanent zweiblättrige Körperbildung niederer Thiere. Die zweiblättrige uralte Stammform: Gastraea. Die Homologie der beiden primären Keimblätter bei allen Darmthieren oder Metazoen. Bedeutung der beiden primären Keimblätter. Entstehung und Bedeutung der vier secundären Keimblätter. Aus dem Exoderm oder Hautblatt entsteht das Hautsinnesblatt und das Hautfaserblatt. Aus dem Entoderm oder Darmblatt entsteht das Darmfaserblatt und das Darmdrüsenblatt.

VIII.

Meine Herren!

Die ersten Vorgänge der individuellen Entwickelung, welche nach erfolgter Befruchtung der Eizelle und Bildung der Stammzelle eintreten, sind im ganzen Thierreiche wesentlich dieselben, und beginnen überall mit der sogenannten Eifurchung und Keimblätterbildung. Nur die niedersten und einfachsten Thiere, die Urthiere oder Protozoen, verhalten sich hierin eigenthümlich. Zu diesen Urthieren gehören die Moneren, Amoeben, Gregarinen, Flagellaten, Rhizopoden, Infusorien u. s. w. Alle diese Urthiere pflanzen sich, soviel wir bis jetzt sicher wissen, nur ungeschlechtlich fort, durch Theilung, Knospenbildung, Sporenbildung oder Keimzellenbildung u. s. w. Dagegen besitzen sie niemals wirkliche Eier, d. h. Keimzellen, welche zu ihrer Entwickelung der Befruchtung bedürfen. Niemals bilden sie auch echte Keimblätter. Alle übrigen Thiere dagegen, alle echten Thiere oder Metazoen (— wie wir sie im Gegensatz zu den Protozoen nennen können —) besitzen wirkliche Eier und bilden aus den befruchteten Eiern echte Keimblätter. Das gilt eben sowohl von den niederen Pflanzenthieren und Würmern, wie von den höher entwickelten Weichthieren, Sternthieren, Gliederthieren und Wirbelthieren. [55]

Bei allen diesen echten Thieren (nach Ausschluss der Urthiere) sind die wichtigsten Vorgänge der Keimung im Wesentlichen gleich. Ueberall zerfällt die Stammzelle, welche aus der befruchteten Eizelle hervorgegangen ist, zunächst durch wiederholte Theilung in eine grosse Anzahl von einfachen Zellen. Diese Zellen sind alle directe Nachkommen oder Descendenten der Stammzelle, und werden aus später zu erörternden Gründen als Furchungszellen oder »Furchungskugeln« bezeichnet (*Segmentella*). Der wiederholte Theilungsprocess der Stammzelle, durch welchen die Furchungszellen entstehen, ist schon lange unter dem Namen der Eifurchung oder schlechtweg »Furchung« (*Segmentatio*) bekannt. Früher oder später sondern sich die sämmtlichen Furchungszellen in zwei wesent-

lich verschiedene Gruppen und ordnen sich in zwei getrennte Zellenschichten: die beiden primären Keimblätter. Diese Keimblätterbildung ist ein Vorgang von höchster Bedeutung und der eigentliche Ausgangspunkt für die Gestaltung des echten Thierkörpers.

Die fundamentalen Keimungs-Processe der Eifurchung und der Keimblätterbildung sind erst in neuester Zeit vollkommen klar erkannt und in ihrer wahren Bedeutung richtig gewürdigt worden. Sie bieten in den verschiedenen Thiergruppen mancherlei auffallende Verschiedenheiten dar, und es war nicht leicht, die wesentliche Gleichheit oder Identität derselben im ganzen Thierreiche nachzuweisen (immer natürlich die Urthiere oder Protozoen ausgeschlossen). Erst nachdem ich 1872 die Gastraea-Theorie [40]) aufgestellt und später (1875) alle die einzelnen Formen der Eifurchung und Gastrulabildung auf eine und dieselbe Grundform zurückgeführt hatte, konnte jene wichtige Identität als wirklich bewiesen angesehen werden. Es ist damit ein einheitliches Gesetz gewonnen, welches die ersten Vorgänge der Keimung bei sämmtlichen Thieren beherrscht. [56])

Der Mensch verhält sich in Bezug auf diese ersten und wichtigsten Vorgänge durchaus gleich den übrigen höheren Säugethieren, und zunächst den Affen. Da der menschliche Keim oder Embryo selbst noch in einem viel späteren Stadium der Ausbildung, wo bereits Gehirnblasen, Augen, Gehörorgane, Kiemenbogen etc. angelegt sind, nicht wesentlich von dem gleichgeformten Keime der übrigen höheren Säugethiere verschieden ist (Taf. VII, erste Reihe), so dürfen wir mit voller Sicherheit annehmen, dass auch die ersten Vorgänge der Keimung, die Eifurchung und Keimblätterbildung, dieselben sind. Wirklich beobachtet sind diese Vorgänge allerdings bisher noch nicht. Denn es hat sich noch niemals Gelegenheit geboten, ein menschliches Weib unmittelbar nach erfolgter Befruchtung zu zergliedern und die Stammzelle oder die Furchungszellen in deren Eileiter aufzusuchen. Da aber sowohl die jüngsten wirklich beobachteten menschlichen Embryonen (in Form von Keimblasen), als auch die darauf folgenden weiter entwickelten Keimformen mit denjenigen des Kaninchens, des Hundes und anderer höherer Säugethiere wesentlich übereinstimmen, so wird kein vernünftiger Mensch daran zweifeln, dass auch die Eifurchung und Keimblätterbildung hier gerade so wie dort verläuft, und wie es Fig. 12—17 auf Tafel II schematisch darstellen. [57])

Nun ist aber die besondere Form, welche die Eifurchung und Keimblätterbildung bei den Säugethieren besitzt, keineswegs die ursprüngliche, einfache und palingenetische Form der Keimung. Viel-

mehr ist dieselbe in Folge von zahlreichen embryonalen Anpassungen sehr stark abgeändert, gefälscht oder cenogenetisch modificirt. (Vergl. Seite 10). Wir können dieselbe daher unmöglich an und für sich allein verstehen. Vielmehr müssen wir, um zu diesem Verständniss zu gelangen, die verschiedenen Formen der Eifurchung und Keimblätterbildung im Thierreiche vergleichend betrachten; und vor allen müssen wir die ursprüngliche, palingenetische Form derselben aufsuchen, aus welcher die abgeänderte cenogenetische Form der Säugethier-Keimung erst viel später allmählich entstanden ist.

Diese ursprüngliche, palingenetische Form der Eifurchung und Keimblätterbildung finden wir im Stamme der Wirbelthiere, zu welchem der Mensch gehört, heutzutage einzig und allein noch beim niedersten und ältesten Gliede dieses Stammes vor, bei dem wunderbaren Lanzetthierchen oder *Amphioxus* (Vergl. den XIII. und XIV. Vortrag, sowie Taf. X und XI). Dieselbe palingenetische Form der Keimung finden wir aber in ganz gleicher Weise auch noch bei vielen niederen, wirbellosen Thieren vor, so z. B. bei der merkwürdigen Seescheide (*Ascidia*), bei der Teichschnecke (*Limnaeus*), beim Pfeilwurm (*Sagitta*), ferner bei sehr vielen Sternthieren und Pflanzenthieren, so z. B. beim gewöhnlichen Seestern und Seeigel, bei vielen Medusen und Korallen und bei den einfachsten Kalkschwämmen (*Olynthus*). Wir wollen hier als Beispiel die palingenetische Eifurchung und Keimblätterbildung einer achtzähligen Einzelkoralle betrachten, welche ich im rothen Meere entdeckt und in meinen »Arabischen Korallen« als *Monoxenia Darwinii* beschrieben habe.[58])

Nachdem die Monerula (Fig. 22 *A*) sich in die Stammzelle oder Cytula (*B*) verwandelt hat, zerfällt letztere durch Theilung in zwei gleiche Zellen (*C*). Zunächst theilt sich der Kern der Stammzelle in zwei gleiche Hälften; diese stossen sich ab, weichen auseinander und wirken als Anziehungsmittelpunkte auf das umgebende Protoplasma; in Folge dessen schnürt sich das letztere durch eine Ringfurche ringsherum ein und geht ebenfalls in zwei gleiche Hälften auseinander. Jede der beiden so entstandenen »Furchungszellen« zerfällt auf dieselbe Weise wiederum in zwei gleiche Zellen, und zwar liegt die Trennungsebene dieser beiden letzteren senkrecht auf derjenigen der beiden ersteren (Fig. *D*). Die vier gleichen Furchungszellen (die Enkelinnen der Stammzelle) liegen in einer Ebene. Jetzt theilt sich jede derselben abermals in zwei gleiche Hälften, und wiederum geht die Theilung des Zellkernes derjenigen des umhüllenden Protoplasma

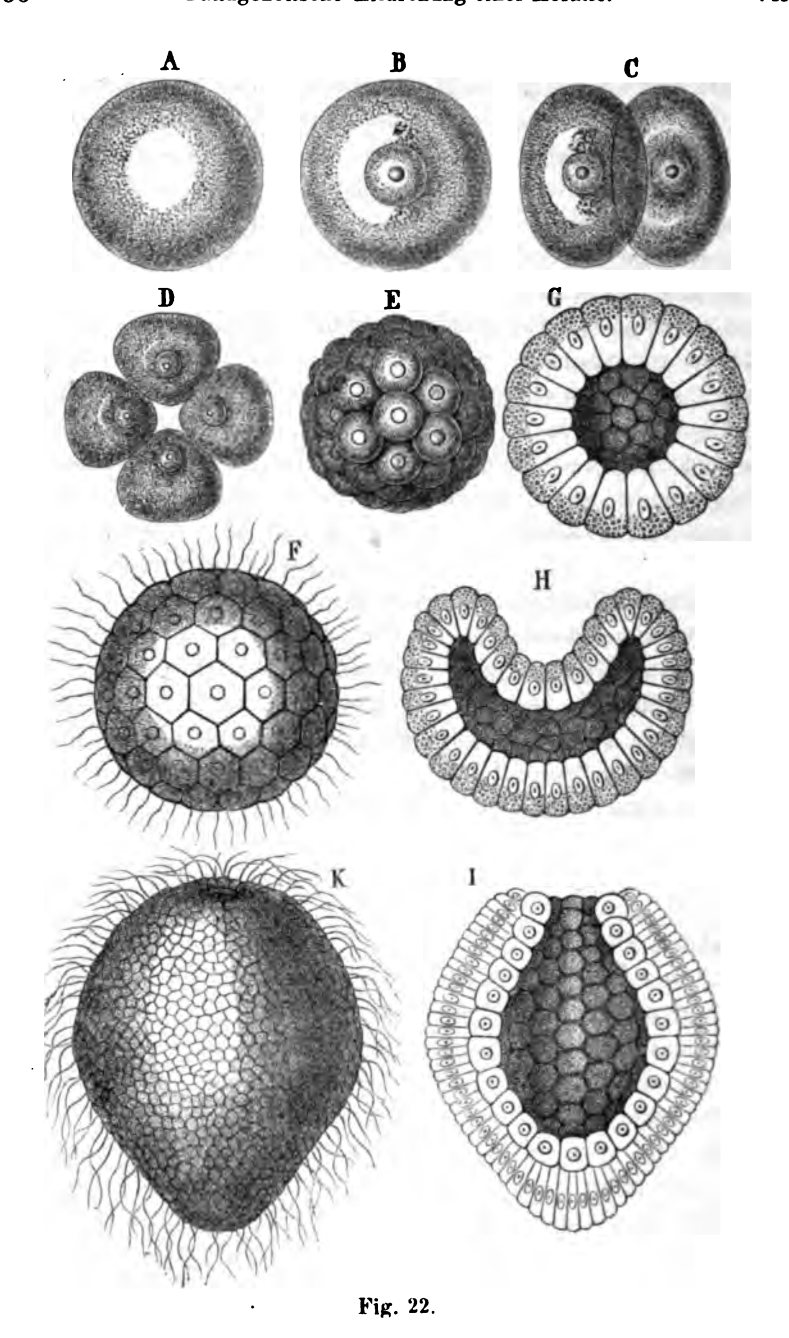


Fig. 22.

Fig. 22. Keimung einer Koralle (*Monoxenia Darwinii*). *A* Monerula. *B* Stammzelle (Cytula). *C* Zwei Furchungszellen. *D* Vier Furchungszellen. *E* Maul-

voraus. Die so entstandenen acht Furchungszellen zerfallen auf die gleiche Weise wieder in sechzehn. Aus diesen entstehen durch abermalige Theilung 32 Furchungszellen. Indem jede von diesen sich halbirt, entstehen 64, weiterhin 128 Zellen u. s. w.[59] Das End-Resultat dieser wiederholten gleichmässigen Zweitheilung ist die Bildung eines kugeligen Haufens von gleichartigen Furchungszellen und diesen nennen wir Maulbeerkeim (*Morula*). Die Zellen liegen so dicht gedrängt an einander, wie die Körner einer Maulbeere oder Brombeere, und daher erscheint die Oberfläche der Kugel im Ganzen höckerig (Fig. *E*). (Vergl. auch Fig. 3 auf Taf. II). [60]

Nachdem die Eifurchung dergestalt beendigt ist, verwandelt sich der dichte Maulbeerkeim in eine hohle kugelige Blase. Wässerige Flüssigkeit oder Gallerte sammelt sich in der Mitte der dichten Kugel an; die Furchungszellen weichen aus einander und begeben sich alle an die Oberfläche der Kugel. Hier platten sie sich durch gegenseitigen Druck vielflächig ab, nehmen die Gestalt von abgestutzten Pyramiden an und ordnen sich in eine einzige Schicht regelmässig neben einander (Fig. *F*, *G*). Diese Zellenschicht heisst die Keimhaut (*Blastoderma*); die gleichartigen Zellen, welche dieselbe in einfacher Lage zusammensetzen, nennen wir Keimhautzellen (*Cellulae blastodermicae*) und die ganze hohle Kugel, deren Wand die letzteren bilden, heisst Keimhautblase, auch kurz »Keimblase« oder »Blasenkeim« (*Blastula*; früher *Vesicula blastodermica* genannt)[61]. Der innere Hohlraum der Kugel, der mit klarer Flüssigkeit oder Gallerte gefüllt ist, heisst »Furchungshöhle« (*Cavum segmentarium*) oder Keimhöhle (*Blastocoeloma*).

Bei unserer Koralle, wie bei vielen anderen niederen Thieren, beginnt schon jetzt der junge Thierkeim sich selbstständig zu bewegen und im Wasser umherzuschwimmen. Es wächst nämlich aus jeder Keimhautzelle ein dünner und langer fadenförmiger Fortsatz hervor, eine Peitsche oder Geissel; und diese führt selbständig langsame, bald raschere Schwingungen aus (Fig. *F*). Jede Keimhautzelle wird so zu einer schwingenden »Geisselzelle«. Durch die vereinigte Kraft aller dieser schwingenden Geisseln wird die ganze kugelige Keimhautblase drehend oder rotirend im Wasser umhergetrieben. Bei vielen anderen Thieren, insbesondere bei solchen, wo sich der Keim innerhalb geschlossener Eihüllen entwickelt, bilden sich die schwin-

beerkeim (Morula). *F* Blasenkeim (Blastula). *G* Blasenkeim im Durchschnitt. *H* Eingestülpter Blasenkeim im Durchschnitt. *I* Gastrula im Längsdurchschnitt. *K* Gastrula oder Becherkeim, von aussen betrachtet.

genden Geisselfäden an den Keimhautzellen erst später oder kommen überhaupt nicht zur Ausbildung. Die Keimhautblase kann wachsen und sich ausdehnen, indem sich die Keimhautzellen durch fortgesetzte Theilung (in der Kugelfläche!) vermehren und im inneren Hohlraum noch mehr Flüssigkeit ausgeschieden wird.

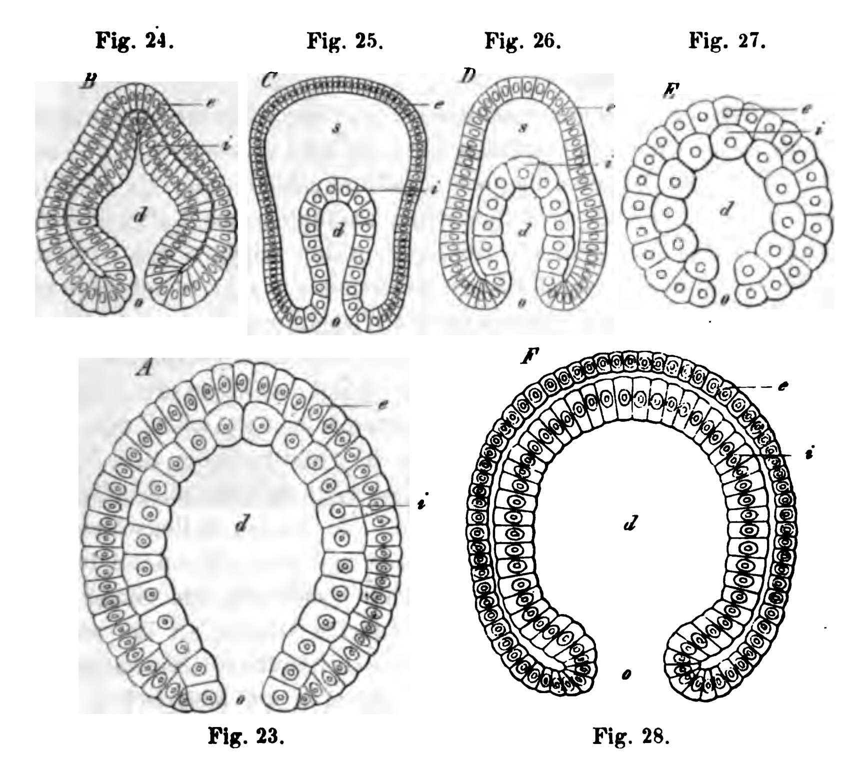
Jetzt tritt ein sehr wichtiger und merkwürdiger Vorgang ein, nämlich die Einstülpung der Keimhautblase (*Invaginatio Blastulae*, Fig. H). Aus der Kugel mit einschichtiger Zellenwand wird ein Becher mit zweischichtiger Zellenwand (vergl. Fig. *G*, *H*, *I*). An einer bestimmten Stelle der Kugeloberfläche bildet sich eine Abplattung, die sich zu einer Grube vertieft. Diese Grube wird tiefer und tiefer: sie wächst auf Kosten der inneren Keimhöhle oder Furchungshöhle. Die letztere nimmt immer mehr ab, je mehr sich die erstere ausdehnt. Endlich verschwindet die innere Keimhöhle ganz, indem sich der innere, eingestülpte Theil der Keimhaut (oder die Wand der Grube) an den äusseren, nicht eingestülpten Theil derselben innig anlegt. Zugleich nehmen die Zellen der beiden Theile verschiedene Gestalt und Grösse an; die inneren Zellen werden mehr rundlich, die äusseren mehr länglich (Fig. *I*). So bekommt der Keim die Gestalt eines becherförmigen oder krugförmigen Körpers, dessen Wand aus zwei verschiedenen Zellenschichten besteht, und dessen innere Höhlung sich am einen Ende (an der ursprünglichen Einstülpungsstelle) nach aussen öffnet. Diese höchst wichtige und interessante Keimform nennen wir Becherkeim oder Darmlarve (*Gastrula* Fig. 22, *I* im Längsschnitt, *K* von aussen).[62]

Die Gastrula halte ich für die wichtigste und bedeutungsvollste Keimform des Thierreichs. Denn bei allen echten Thieren (nach Ausschluss der Protozoen) geht aus der Eifurchung entweder eine reine, ursprüngliche, palingenetische Gastrula hervor (Fig. 22 *I*, *K*) oder doch eine gleichbedeutende cenogenetische Keimform, die secundär aus der ersteren entstanden ist und sich unmittelbar darauf zurückführen lässt. Sicher ist es eine Thatsache von höchstem Interesse und von der grössten Bedeutung, dass Thiere der verschiedensten Stämme: Wirbelthiere, Weichthiere, Gliederthiere, Sternthiere, Würmer und Pflanzenthiere sich aus einer und derselben Keimform entwickeln. Als redende Beispiele stelle ich Ihnen hier einige reine Gastrula-Formen aus sämmtlichen Thierstämmen neben einander (Fig. 23—28, Erklärung unten).

Bei dieser ausserordentlichen Bedeutung der Gastrula müssen wir die Zusammensetzung ihres Körpers auf das Genaueste unter-



suchen. Gewöhnlich ist derselbe mit blossem Auge nicht sichtbar oder höchstens unter günstigen Umständen als ein feiner Punkt erkennbar, meistens von $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{10}$, höchstens von $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{2}$ Millimeter Durchmesser (selten mehr). Die Gestalt des Gastrulakörpers gleicht meistens einem



Becher; bald ist sie mehr eiförmig, bald mehr ellipsoid oder spindelförmig, bei anderen mehr halbkugelig oder fast kugelig, bei anderen wiederum mehr in die Länge gestreckt oder fast cylindrisch. Sehr characteristisch ist die geometrische Grundform des Körpers, welche

---

Fig. 23 (*A*). Gastrula eines Zoophyten (*Gastrophysema*), HAECKEL.
Fig. 24 (*B*). Gastrula eines Wurmes (Pfeilwurm, *Sagitta*) nach KOWALEVSKY.
Fig. 25 (*C*). Gastrula eines Echinodermen (Seestern, *Uraster*), nach ALEXANDER AGASSIZ.
Fig. 26 (*D*). Gastrula eines Arthropoden (Urkrebs, *Nauplius*).
Fig. 27 (*E*). Gastrula eines Mollusken (Teichschnecke, *Limnaeus*), nach CARL RABL.
Fig. 28 (*F*). Gastrula eines Wirbelthieres (Lanzetthier, *Amphioxus*), nach KOWALEVSKY.

Ueberall bedeutet: *d* Urdarmhöhle. *o* Urmund. *s* Furchungshöhle. *i* Entoderm (Darmblatt). *e* Exoderm (Hautblatt).

durch eine einzige Axe mit zwei verschiedenen Polen bestimmt wird. Diese Axe ist die Hauptaxe oder Längsaxe des späteren Thierkörpers; der eine Pol ist der Mundpol (Oralpol); der entgegengesetzte der Gegenmundpol (Aboralpol). Durch diese einaxige (oder monaxonie) Grundform unterscheidet sich die Gastrula sehr wesentlich von der kugeligen Blastula und Morula, bei denen alle Körperaxen gleich sind. [63])

Die innere Höhle des Gastrula-Körpers bezeichne ich als Urdarm (*Protogaster*) und seine Oeffnung als Urmund (*Protostoma*). Denn jene Höhle ist die ursprüngliche Ernährungshöhle oder Darmhöhle des Körpers, und diese Oeffnung hat anfänglich zur Nahrungsaufnahme in denselben gedient. Später allerdings scheinen sich Urdarm und Urmund in den verschiedenen Thierstämmen sehr verschieden zu verhalten. Namentlich gilt das für die Wirbelthiere, wo nur der mittlere Theil des späteren Darmrohrs aus dem Urdarm hervorgeht, und wo die spätere Mundöffnung sich neu bildet, während der Urmund zuwächst. Wir müssen also wohl unterscheiden zwischen dem Urmund und Urdarm der Gastrula einerseits, und zwischen dem Nachdarm und Nachmund des ausgebildeten Wirbelthieres anderseits. [64])

Von der grössten Bedeutung sind die beiden Zellenschichten, welche die Urdarm-Höhle umschliessen und deren Wand allein zusammensetzen. Denn diese beiden Zellenschichten, die einzig und allein den ganzen Körper bilden, sind nichts Anders, als die beiden primären Keimblätter oder die Urkeimblätter (*Blastophylla*). Ihre fundamentale Bedeutung wurde schon in der historischen Einleitung (im III. Vortrage) hervorgehoben. Die äussere Zellenschicht ist das Hautblatt oder *Exoderma* (Fig. 29 *e*); die innere Zellenschicht ist das Darmblatt oder *Entoderma* (Fig. 29 *i*). Aus diesen beiden primären Keimblättern allein baut sich der ganze Körper bei allen echten Thieren auf. Das Hautblatt liefert die äussere Leibeswand; das Darmblatt bildet die innere Darmwand und umschliesst unmittelbar die Darmhöhle. Zwischen beiden Keimblättern bildet sich später ein Hohlraum, die mit Blut oder Lymphe erfüllte Leibeshöhle (*Coeloma*) [65]).

Die beiden primären Keimblätter wurden zuerst im Jahre 1817 von PANDER beim bebrüteten Hühnchen klar unterschieden, das äussere als seroeses, das innere als mukoeses Blatt oder Schleimblatt (S. 43). Aber ihre volle Bedeutung wurde erst vollständig von BAER erkannt, welcher in seiner classischen Entwickelungsgeschichte (1828) das äussere als animales, das innere als vegetatives bezeich-

nete. Diese Bezeichnung ist insofern sehr passend, als aus dem äusseren Blatte vorzugsweise (wenn auch nicht ausschliesslich) die animalen Organe der Empfindung und Bewegung: Haut, Nerven und Muskeln entstehen; hingegen aus dem inneren Blatte vorzugsweise die vegetativen Organe der Ernährung und Fortpflanzung, namentlich

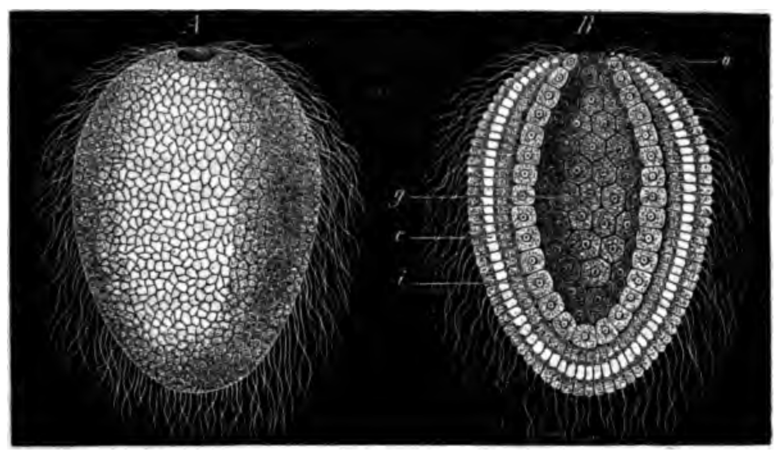


Fig. 29.

der Darm und das Blutgefässsystem. Zwanzig Jahre später (1849) wies dann HUXLEY darauf hin, dass bei vielen niederen Planzenthieren, namentlich Medusen, der ganze Körper eigentlich zeitlebens nur aus diesen beiden primären Keimblättern besteht. Er nannte das äussere Ectoderm oder Exoderm (Aussenblatt), das innere Endoderm oder Entoderm (Innenblatt). In neuerer Zeit versuchten vorzugsweise KOWALEVSKY und RAY-LANKESTER zu zeigen, dass auch bei anderen wirbellosen Thieren der verschiedensten Klassen, bei Würmern, Weichthieren, Sternthieren und Gliederthieren der Körper sich aus denselben beiden primären Keimblättern aufbaut. Endlich habe ich selbst auch bei den niedersten Pflanzenthieren, bei den Schwämmen oder Spongien dieselben nachgewiesen und zugleich in meiner Gastraea-Theorie den Beweis zu führen gesucht, dass dieselben überall, von den Schwämmen und Korallen bis zu den Insecten

---

Fig. 29. Gastrula eines Kalkschwammes (Olynthus). *A* von aussen. *B* im Längsschnitte durch die Axe. *g* Urdarm (primitive Darmhöhle). *o* Urmund (primitive Mundöffnung). *i* Innere Zellenschicht der Körperwand (inneres Keimblatt, Entoderm oder Darmblatt). *e* Aeussere Zellenschicht (äusseres Keimblatt, Exoderm oder Hautblatt).

und Wirbelthieren hinauf, also auch beim Menschen als **gleichbedeutend** oder **homolog** aufzufassen sind.

Gewöhnlich bieten auch schon am Gastrula-Keim die Zellen, welche die beiden primären Keimblätter zusammensetzen, erkennbare Verschiedenheiten dar. Meistens (wenn auch nicht immer) sind die Zellen des Hautblattes oder Exoderms (Fig. 29 *e*) kleiner, zahlreicher, heller, hingegen die Zellen des Darmblattes oder Entoderms (Fig. 29 *i*) grösser, weniger zahlreich und dunkler. Das Protoplasma der Exoderm-Zellen ist klarer und fester, als die trübere und weichere Zellsubstanz der Entoderm-Zellen; letztere sind meist viel reicher an Fettkörnchen als erstere. Auch besitzen die Darmblattzellen gewöhnlich eine viel stärkere Verwandtschaft zu Farbstoffen und färben sich in Carminlösung, Anilin u. s. w. viel rascher und lebhafter als die Hautblattzellen.

Diese physikalischen, chemischen und morphologischen Unterschiede der beiden Keimblätter, welche ihrem physiologischen Gegensatze entsprechen, sind auch insofern von hohem Interesse, als sie uns den ersten und ältesten Vorgang der Sonderung oder Differenzirung im Thierkörper vor Augen führen. Die **Keimhaut** (*Blastoderma*), welche die Wand der kugeligen Keimhautblase oder Blastula bildet (Fig. 22 *F*, *G*), bestand blos aus einer einzigen Schicht von gleichartigen Zellen. Diese **Keimhautzellen** oder Blastoderm-Zellen sind gewöhnlich sehr regelmässig und gleichmässig gebildet, von ganz gleicher Grösse, Form und Beschaffenheit. Meistens sind sie durch gegenseitigen Druck abgeplattet, oft sehr regelmässig sechseckig. Diese Gleichmässigkeit aller Zellen verschwindet früher oder später während der Einstülpung der Keimhautblase. Die Zellen, welche den eingestülpten, inneren Theil derselben (das spätere Entoderm) zusammensetzen, nehmen gewöhnlich schon während des Einstülpungs-Vorganges selbst (Fig. 22 *H*) eine andere Beschaffenheit an, als die Zellen, welche den äusseren, nicht eingestülpten Theil (das spätere Exoderm) constituiren. Wenn der Einstülpungs-Process vollendet ist, treten diese histologischen Verschiedenheiten in den Zellen der beiden primären Keimblätter meist sehr auffallend hervor (Fig. 30). Die kleinen hellen Exoderm-Zellen (*e*) heben sich scharf von den grösseren dunkeln Entoderm-Zellen (*i*) ab.

Wir haben bisher nur diejenige Form der Eifurchung, der Bildung der Keimblätter und der Gastrula in's Auge gefasst, welche wir aus vielen und gewichtigen Gründen als die **ursprüngliche**, die primäre oder **palingenetische** aufzufassen berechtigt sind. Wir

nennen diese Form die primordiale (oder ursprüngliche) Eifurchung; und die daraus hervorgehende Gastrula bezeichnen wir als Glocken-Gastrula oder *Archigastrula*. In ganz gleicher Form, wie bei unserer Koralle (Monoxenia, Fig. 22) treffen wir dieselbe auch bei den niedersten Pflanzenthieren an, bei Gastrophysema (Fig. 23) und bei den einfachsten Kalkschwämmen (Olynthus, Fig. 29) ferner bei vielen Medusen und Hydrapolypen, bei niederen Würmern verschiedener Klassen (Sagitta, Fig. 24, Ascidia Taf. X Fig. 1—4); sodann bei vielen Sternthieren (Fig. 25), bei niederen Gliederthieren (Fig. 26) und Weichthieren (Fig. 27); endlich beim niedersten Wirbelthiere, (Amphioxus, Fig. 28; Taf. X, Fig. 7—10).

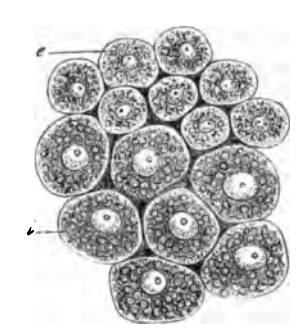


Fig. 30.

Obgleich die genannten Thiere den verschiedensten Klassen angehören, so stimmen sie doch unter einander und mit vielen anderen niederen Thieren darin überein, dass sie die von ihren ältesten gemeinsamen Vorfahren überkommene palingenetische Form der Eifurchung und Gastrulabildung durch conservative Vererbung bis auf den heutigen Tag getreu beibehalten haben. Bei der grossen Mehrzahl der Thiere ist das aber nicht der Fall. Vielmehr ist bei diesen der ursprüngliche Vorgang der Keimung im Laufe vieler Millionen Jahre allmählich mehr oder minder abgeändert, durch Anpassung an neue Entwickelungs-Bedingungen gefälscht geworden. Sowohl die Eifurchung (oder Segmentation) als auch die darauf folgende Gastrulabildung (oder Gastrulation) haben in Folge dessen ein mannichfach verschiedenes Aussehen gewonnen. Ja, die Verschiedenheiten sind im Laufe der Zeit so bedeutend geworden, dass man bei den meisten Thieren die Furchung nicht richtig gedeutet und die Gastrula gar nicht erkannt hat. Erst durch ausgedehnte vergleichende Untersuchungen, welche ich im Laufe der letzten Jahre bei Thieren der verschiedensten Klassen angestellt habe, ist es mir gelungen, in jenen anscheinend so abweichenden Keimungs-Processen denselben

Fig. 30. Zellen aus den beiden primären Keimblättern des Säugethieres (aus den beiden Schichten der Keimhaut). *i* grössere dunklere Zellen der inneren Schicht, des vegetativen Keimblattes oder Entoderms. *e* kleinere hellere Zellen der äusseren Schicht, des animalen Keimblattes oder Exoderms.

gemeinsamen Grundvorgang nachzuweisen und alle verschiedenen Keimungsformen auf die eine, bereits beschriebene, ursprüngliche Form der Keimung zurückzuführen. Im Gegensatze zu dieser primären palingenetischen Keimungsform nenne ich alle übrigen, davon abweichenden Formen secundäre, gefälschte oder cenogenetische. Die mehr oder minder abweichende Gastrula-Form, welche daraus hervorgeht, kann man allgemein als secundäre, modificirte Gastrula oder Metagastrula bezeichnen.

Unter den zahlreichen und mannichfaltigen cenogenetischen oder gefälschten Formen der Eifurchung und Gastrulabildung unterscheide ich wieder drei verschiedene Hauptformen: 1) die ungleichmässige Furchung (*Segmentatio inaequalis*, Taf. II, Fig. 7—17); 2) die scheibenförmige Furchung (*Segmentatio discoidalis*, Tafel III, Fig. 18—24) und 3) die oberflächliche Furchung (*Segmentatio superficialis*, Taf. III, Fig. 25—30). Aus der ungleichmässigen Furchung entsteht die Hauben-Gastrula (*Amphigastrula*, Taf. II, Fig. 11 und 17); aus der scheibenförmigen Furchung geht die Scheiben-Gastrula hervor (*Discogastrula*, Taf. III, Fig. 24); aus der oberflächlichen Furchung entwickelt sich die Blasen-Gastrula (*Perigastrula*, Taf. III, Fig 29). Bei den Wirbelthieren, die uns hier zunächst interessiren, kommt die letztere Form gar nicht vor; diese ist dagegen die gewöhnlichste bei den Gliederthieren (Krebsen, Spinnen, Insecten u. s. w.). Die Säugethiere und Amphibien besitzen die ungleichmässige Furchung und die Hauben-Gastrula; ebenso die Schmelzfische (Ganoiden) und die Rundmäuler (Pricken und Inger). Hingegen finden wir bei den meisten Fischen und bei allen Reptilien und Vögeln die scheibenförmige Furchung und die Scheiben-Gastrula. (Vergl. die III. Tabelle).

Da der Mensch ein echtes Säugethier ist und seine Keimung durchaus derjenigen der übrigen Säugethiere gleicht, wird auch bei ihm die ungleichmässige oder inaequale Furchung bestehen, deren Endresultat die Bildung einer Hauben-Gastrula ist (*Amphigastrula*, Taf. II, Fig. 12—17). Die ersten Vorgänge der Eifurchung und Keimblätterbildung sind aber gerade bei den Säugethieren ausserordentlich schwierig zu erforschen. Zwar hatte schon vor mehr als dreissig Jahren der Münchener Anatom Bischoff ein paar grundlegende Arbeiten über die Keimesgeschichte des Kaninchens (1842) und des Hundes (1845) veröffentlicht, und später zwei eben so sorgfältige Untersuchungen über die Keimung des Meerschweinchens (1852) und des Rehes (1854) folgen lassen. Aber erst in neuester Zeit gelang es dem ausgezeichneten belgischen Zoologen

EDUARD VAN BENEDEN in Lüttich, mittelst der vervollkommneten Präparations-Methoden der Gegenwart volles Licht in das Dunkel jener ersten Vorgänge der Säugethierkeimung zu bringen und deren Einzelheiten richtig zu deuten. Immerhin sind dieselben so schwierig zu verstehen, dass es vortheilhaft ist, zuvor die Keimung der Amphibien zu betrachten. Diese Thiere theilen die ungleichmässige Furchung und die Bildung der Hauben-Gastrula mit den Säugethieren. Aber die Keimungsvorgänge sind bei den ersteren klarer und einfacher als bei den letzteren und schliessen sich näher an die ursprüngliche, palingenetische Form der Keimung an.

Das zugänglichste und passendste Untersuchungs-Object liefern uns hier die Eier der einheimischen schwanzlosen Amphibien, der Frösche und Kröten. Ueberall sind sie im Frühjahr in unseren Teichen und Tümpeln leicht massenhaft zu haben und eine sorgfältige Beobachtung der Eier mit der Lupe genügt, um wenigstens das Aeusserliche der Eifurchung klar zu erfassen. Um freilich den ganzen Vorgang in seinem inneren Wesen richtig zu verstehen und die Bildung der Keimblätter und der Gastrula zu erkennen, muss man die Frosch-Eier sorgfältig härten, durch die gehärteten Eier mit dem Rasirmesser möglichst dünne Schnitte legen und diese Schnitte unter einem starken Mikroskop auf das Genaueste untersuchen [66].

Die Eier der Frösche und Kröten haben eine kugelige Gestalt, einen mittleren Durchmesser von ungefähr 2 Millimeter, und werden in grosser Anzahl in Gallertmassen abgelegt, welche bei den Fröschen dicke Klumpen, bei den Kröten lange Schnüre bilden. Betrachten wir die undurchsichtigen, grau, braun oder schwärzlich gefärbten Eier genauer, so finden wir, dass ihre obere Hälfte dunkler, die untere heller gefärbt ist. Die Mitte der ersteren ist bei manchen Arten von schwarzer, die entgegengesetzte Mitte der letzteren von weisser Farbe [67]. Dadurch ist eine bestimmte Axe des Eies mit zwei verschiedenen Polen bezeichnet. Um eine klare Vorstellung von der Furchung dieser Eier zu geben, ist Nichts geeigneter, als der Vergleich mit einer Erdkugel, auf deren Oberfläche verschiedene Meridian-Kreise und Parallel-Kreise aufgezeichnet sind. Denn die oberflächlichen Grenzlinien zwischen den verschiedenen Zellen, welche durch die wiederholte Theilung der Eizelle entstehen, erscheinen auf der Oberfläche als tiefe Furchen, und daher hat dieser ganze Vorgang den Namen Furchung erhalten [59]. In der That ist aber diese sogenannte »Furchung«, die man früher als einen höchst wunderbaren Vorgang anstaunte, weiter Nichts als eine gewöhnliche, oft wiederholte Zellentheilung.

Daher sind auch die dadurch entstehenden »Furchungskugeln« nichts Anderes als echte Zellen.

Die ungleichmässige Furchung, welche wir am Amphibien-Ei beobachten, ist nun vor Allem dadurch ausgezeichnet, dass sie am oberen, dunkleren Pole (am Nordpole der Erdkugel bei unserem Vergleiche) beginnt und langsam nach dem unteren, helleren Pole (dem

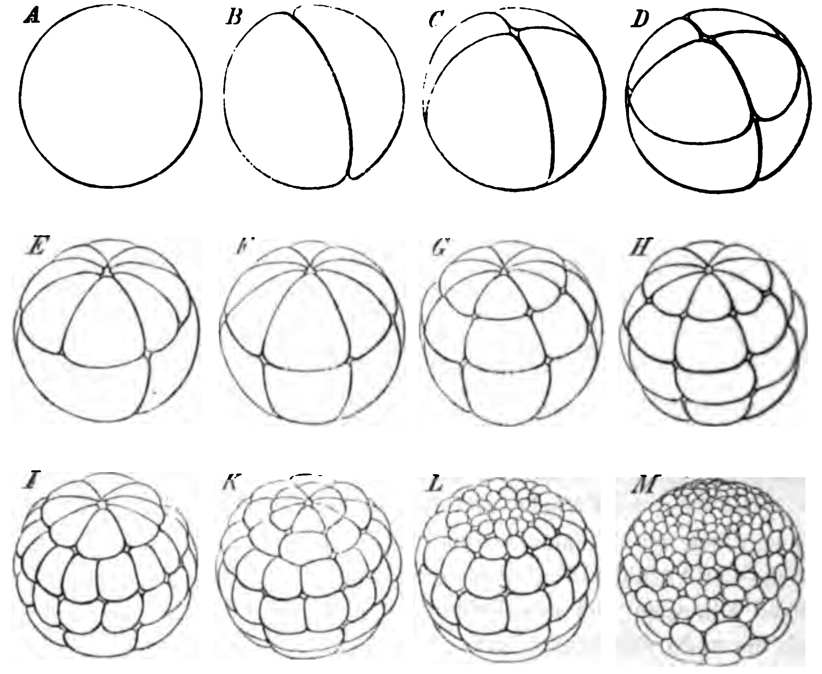


Fig. 31.

Südpole) hin fortschreitet. Auch bleibt während des ganzen Verlaufes der Eifurchung die obere dunklere Halbkugel stets voraus und ihre Zellen theilen sich viel lebhafter und rascher; daher erscheinen die Zellen der unteren Halbkugel stets grösser und weniger zahlreich[67]. Die Furchung der Stammzelle (Fig. 31 *A*) beginnt mit der Bildung einer vollständigen Meridianfurche, welche vom Nordpol ausgeht und im Südpol endet (*B*). Eine Stunde später entsteht auf die-

Fig. 31. Die Furchung des Frosch-Eies (zehnmal vergrössert). *A* Stammzelle. *B* Die beiden ersten Furchungszellen. *C* 4 Zellen. *D* 8 Zellen (4 animale und 4 vegetative). *E* 12 Zellen (8 animale und 4 vegetative). *F* 16 Zellen (8 animale und 8 vegetative). *G* 24 Zellen (16 animale und 8 vegetative). *H* 32 Zellen. *I* 48 Zellen. *K* 64 Zellen. *L* 96 Furchungszellen. *M* 160 Furchungszellen (128 animale und 32 vegetative).

selbe Weise eine zweite Meridian-Furche, welche die erste unter rechtem Winkel schneidet (Fig. 31 *C*). Dadurch ist das Ei in vier gleiche Kugelsegmente zerfallen. Jede dieser vier ersten »Furchungszellen« besteht aus einer oberen dunkleren und einer unteren helleren Hälfte. Einige Stunden später entsteht eine dritte Furche, senkrecht auf den beiden ersten (Fig. *D*). Diese Ringfurche wird gewöhnlich, aber nicht mit Recht, als »Aequatorialfurche« bezeichnet; denn sie liegt nördlich vom Aequator und wäre also eher dem nördlichen Wendekreise zu vergleichen. Das kugelige Ei besteht jetzt aus 8 Zellen, 4 kleineren oberen (nördlichen) und vier grösseren unteren (südlichen). Jetzt zerfällt jede der 4 ersteren durch eine vom Nordpol ausgehende Meridianfurche in zwei gleiche Hälften, so dass 8 obere auf 4 unteren Zellen liegen (Fig. 31 *E*). Erst nachträglich setzen sich die vier neuen Meridianfurchen langsam auch auf die unteren Zellen fort, so dass die Zahl von 12 auf 16 steigt (*F*). Parallel der ersten horizontalen Ringfurche entsteht jetzt eine zweite, näher dem Nordpol, welche wir demnach dem »nördlichen Polarkreise« vergleichen können. Dadurch erhalten wir 24 Furchungszellen, 16 obere, kleinere und dunklere, 8 untere, grössere und hellere (*G*). Aber bald zerfallen auch die letzteren in 16, indem sich ein dritter Parallelkreis in der südlichen Hemisphäre bildet; wir haben also zusammen 32 Zellen (Fig. 31 *H*). Jetzt entstehen am Nordpol 8 neue Meridianfurchen, welche zunächst die oberen dunklen Zellenkreise, dann aber auch die unteren südlichen Kreise schneiden und endlich den Südpol erreichen. Dadurch bekommen wir nacheinander Stadien von 40, 48, 56 und endlich 64 Zellen (*I*, *K*). Die Ungleichheit zwischen den beiden Halbkugeln wird aber immer grösser. Während die träge südliche Hemisphäre lange Zeit bei 32 Zellen stehen bleibt, furcht sich die lebhafte nördliche Halbkugel rasch zweimal hinter einander und zerfällt so erst in 64, darauf in 128 Zellen (Fig. 31 *L*, *M*). Wir finden also jetzt ein Stadium, in welchem wir an der Oberfläche der Eikugel in der oberen dunkleren Hälfte 128 kleine Zellen, in der unteren helleren Hälfte nur 32 grosse Zellen wahrnehmen, zusammen 160 Furchungszellen. Die Ungleichheit der beiden Hemisphären prägt sich weiterhin immer stärker aus; und während die nördliche Hemisphäre in eine sehr grosse Anzahl von kleinen Zellen zerfällt, besteht die südliche Halbkugel aus einer viel geringeren Anzahl von grösseren Furchungszellen. Zuletzt umwachsen die oberen dunklen Zellen die Oberfläche des kugeligen Eies fast vollständig, und nur am Südpole, in der Mitte der unteren Halbkugel, bleibt eine kleine kreisrunde Stelle übrig, an



welcher die inneren, grossen und hellen Zellen zu Tage treten. Dieses weisse Feld am Südpol entspricht, wie wir später sehen werden, dem Urmunde der Gastrula. Die ganze Masse der inneren grösseren und helleren Zellen (sammt diesem weissen Polfelde) gehört zum Entoderm oder Darmblatt. Die äussere Umhüllung von dunklen kleineren Zellen bildet das Exoderm oder Hautblatt.

Die oft wiederholte Zellentheilung, welche so als »Furchung oder Segmentation« an der Oberfläche der Eikugel deutlich zu verfolgen ist, beschränkt sich aber nicht auf die letztere, sondern ergreift auch das ganze Innere der Kugel. Die Zellen theilen sich also auch in Flächen, welche concentrischen Kugelflächen annähernd entsprechen; rascher in der oberen, langsamer in der unteren Hälfte. Inzwischen hat sich im Inneren der Eikugel eine grosse, mit Flüssigkeit gefüllte Höhle gebildet: die Furchungshöhle (*s* auf den Durchschnittsbildern Taf. II, Fig. 8—11). Die erste Spur dieser Höhle tritt inmitten der oberen Halbkugel auf, da wo die drei ersten, auf einander senkrechten Furchungs-Ebenen sich schneiden (Taf. II, Fig. 8 *s*). Bei fortschreitender Furchung dehnt sie sich bedeutend aus und nimmt später eine fast halbkuglige Gestalt an. (Fig. 32 *F*; Taf. II, Fig. 9 *s*, 10 *s*). Die gewölbte Decke dieser halbkugeligen Furchungshöhle wird von den kleineren und schwärzlich gefärbten Zellen des Hautblattes oder Exoderms (Fig. 32 *D*), hingegen der ebene Boden derselben von den grösseren und weisslich gefärbten Zellen des Darmblattes oder Entoderms gebildet (Fig. 32 *Z*).

Jetzt entsteht durch Einstülpung vom unteren Pole her und durch Auseinanderweichen der weissen Entodermzellen neben der Furchungshöhle eine zweite, engere, aber längere Höhle. (Fig. 32—35 *N*). Das ist die Urdarmhöhle oder die Magenhöhle der Gastrula, die *Protogaster*. Im Amphibien-Ei wurde sie zuerst von Rusconi beobachtet und demnach die »Rusconische Nahrungshöhle« genannt. Im Meridianschnitt (Fig. 33) erscheint sie sichelförmig gekrümmt und reicht vom Südpol fast bis zum Nordpol hin, indem sie einen Theil der inneren Darmzellenmasse nach oben hin (zwischen Furchungshöhle *F* und Rückenhaut *R*) einstülpt. Dass die Urdarmhöhle hier anfangs so eng ist, liegt daran, dass sie grösstentheils von Dotterzellen des Entoderms ausgefüllt ist. Diese verstopfen auch die ganze weite Oeffnung des Urmundes und bilden hier den sogenannten »Dotterpfropf«, der an dem weissen kreisrunden Flecke des Südpols frei zu Tage tritt (*P*). In der Umgebung desselben verdickt sich das Hautblatt wulstig und bildet hier den »Urmundrand« (das *Properi-*



stoma, Fig. 35 *k*, *k'*). Bald dehnt sich die Urdarmhöhle (*N*) immer weiter aus auf Kosten der Furchungshöhle (*F*) und endlich verschwindet letztere ganz. Nur eine dünne Scheidewand (Fig. 34 *s*)

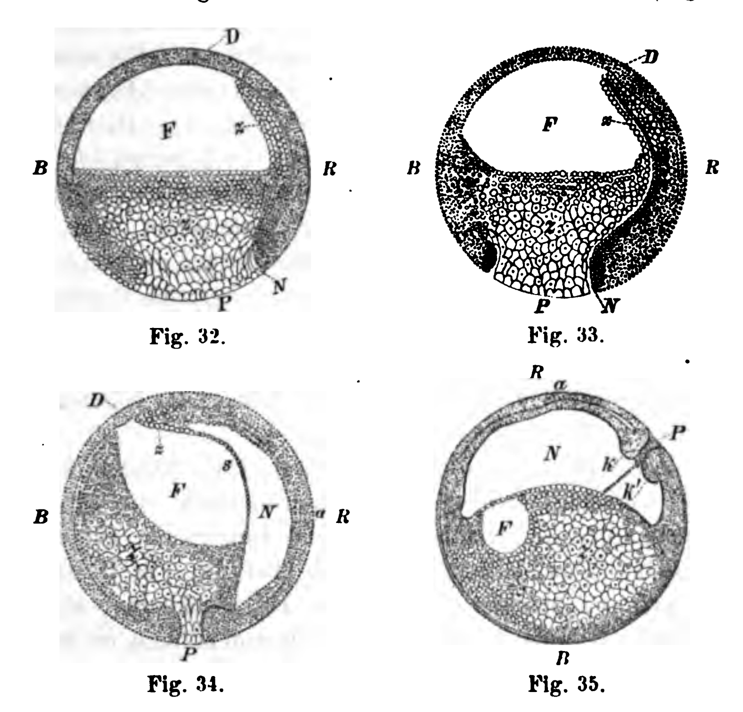


Fig. 32. Fig. 33. Fig. 34. Fig. 35.

trennt beide Höhlen. Der Theil des Keimes, in welchem sich die Urdarmhöhle entwickelt, ist die spätere Rückenfläche (*R*). Die Furchungshöhle liegt im vorderen, der Dotterpfropf am hinteren Körpertheile.[68])

Mit der Ausbildung des Urdarms hat unser Frosch-Keim die Stufe der Gastrula erreicht (Taf. II, Fig. 11). Aber wie Sie sehen ist diese cenogenetische Amphibien-Gastrula sehr verschieden von der vorher betrachteten, echten, palingenetischen Gastrula (Fig. 23—29).

Fig. 32—35. Vier Meridianschnitte durch das gefurchte Ei der Kröte, in vier auf einander folgenden Entwickelungsstufen. Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe: *F* Furchungshöhle. *D* Decke derselben. *R* Rückenhälfte des Keimes. *B* Bauchhälfte desselben. *P* Dotterpfropf (weisses kreisrundes Feld am unteren Pole). *Z* Dotterzellen des Entoderms (»Drüsenkeim« von Remak). *N* Urdarmhöhle (Protogaster, oder Rusconi'sche Nahrungshöhle). Der Urmund ist durch den Dotterpfropf, *P*, verstopft. *s* Grenze zwischen Urdarmhöhle (*N*) und Furchungshöhle (*F*). *k k*, Durchschnitt durch den wulstigen kreisförmigen Lippenrand des Urmundes (oder des sogenannten »Rusconischen Afters«). Die punctirte Linie zwischen *K* und *K'* deutet die frühere Verbindung des Dotterpfropfes (*P*) mit der centralen Dotterzellenmasse (*Z*) an. In Fig. 35 hat sich das Ei um 90° gedreht, so dass der Rücken des Keimes (*R*) nach oben sieht; die Bauchseite (*B*) ist jetzt nach unten gewendet.. Nach Stricker.

Bei der letzteren, der Glocken-Gastrula (*Archigastrula*) ist der Körper einaxig. Die Urdarmhöhle ist leer, und ihr Urmund weit geöffnet. Sowohl das Hautblatt als das Darmblatt besteht bloss aus einer einzigen Zellenschichte. Beide liegen dicht an einander, indem die Furchungshöhle durch den Einstülpungs-Process völlig verschwunden ist. Ganz anders bei der Hauben-Gastrula (*Amphigastrula*) unserer Amphibien (Fig. 32—35; Taf. II, Fig. 11). Hier bleibt die Furchungshöhle (*F*) noch lange Zeit neben der Urdarmhöhle (*N*) bestehen. Die letztere ist grösstentheils mit Dotterzellen angefüllt und der Urmund dadurch fast ganz verstopft (Dotterpfropf, *P*). Sowohl das Darmblatt (*z*) als das Hautblatt (*a*) besteht aus mehreren Zellenschichten. Endlich ist auch die Grundform der ganzen Gastrula nicht mehr einaxig, sondern dreiaxig; denn durch die excentrische Entwickelung der Urdarmhöhle werden die drei Richtaxen bestimmt, welche den zweiseitigen (oder bilateralen) Körper der höheren Thiere characterisiren.

Bei der Entstehung dieser Hauben-Gastrula können wir nicht scharf die verschiedenen Abschnitte unterscheiden, die wir bei der Glocken-Gastrula als Maulbeerkeim und Blasenkeim auf einander folgen sahen. Das Stadium der Morula (Taf. II, Fig. 9) ist ebenso wenig scharf von dem der Blastula (Fig. 10) geschieden, als dieses von dem der Gastrula (Fig. 11). Aber trotzdem wird es uns nicht schwer fallen, den ganzen cenogenetischen oder gefälschten Entwickelungsgang dieser Amphigastrula der Amphibien zurückzuführen auf die echte palingenetische Entstehung der Archigastrula des Amphioxus.

Viel schwieriger ist das schon bei den Säugethieren, obwohl sich deren Eifurchung und Gastrulation im Ganzen nahe an diejenige der Amphibien anschliesst. Bis vor Kurzem ist die Keimbildung der Säugethiere ganz falsch beurtheilt worden und erst in neuester Zeit (1875) hat uns VAN BENEDEN die richtige Deutung derselben gegeben, der wir hier folgen.[69] Seine Untersuchungen sind am Kaninchen angestellt, an dem auch BISCHOFF zuerst die Keimesgeschichte der Säugethiere entdeckte. Da das Kaninchen mit dem Menschen zur Gruppe der discoplacentalen Säugethiere gehört und da sich dieses harmlose Nagethier durchaus in derselben Weise wie der Mensch entwickelt, da selbst in spätern Stadien der Entwickelung die Embryonen des Menschen und des Kaninchens kaum zu unterscheiden sind (vergl. Taf. VII, Fig. *K*, *M*), so liegt kein Grund für die Annahme vor, dass die Eifurchung und Gastrulabildung des Menschen von derjenigen des Kaninchens verschieden sei.

Nachdem die Befruchtung des Kaninchen-Eies vollzogen ist und sich die Monerula (Fig. 36) durch vollständige Ausbildung des Stammkernes in die Stammzelle oder Cytula (Fig. 37) verwandelt hat, theilt sich diese letztere in die beiden ersten Furchungszellen (Fig. 38). Zunächst wird dabei der kugelige Stammkern spindelförmig und zerfällt in zwei Kerne (die beiden ersten Furchungskerne). Beide

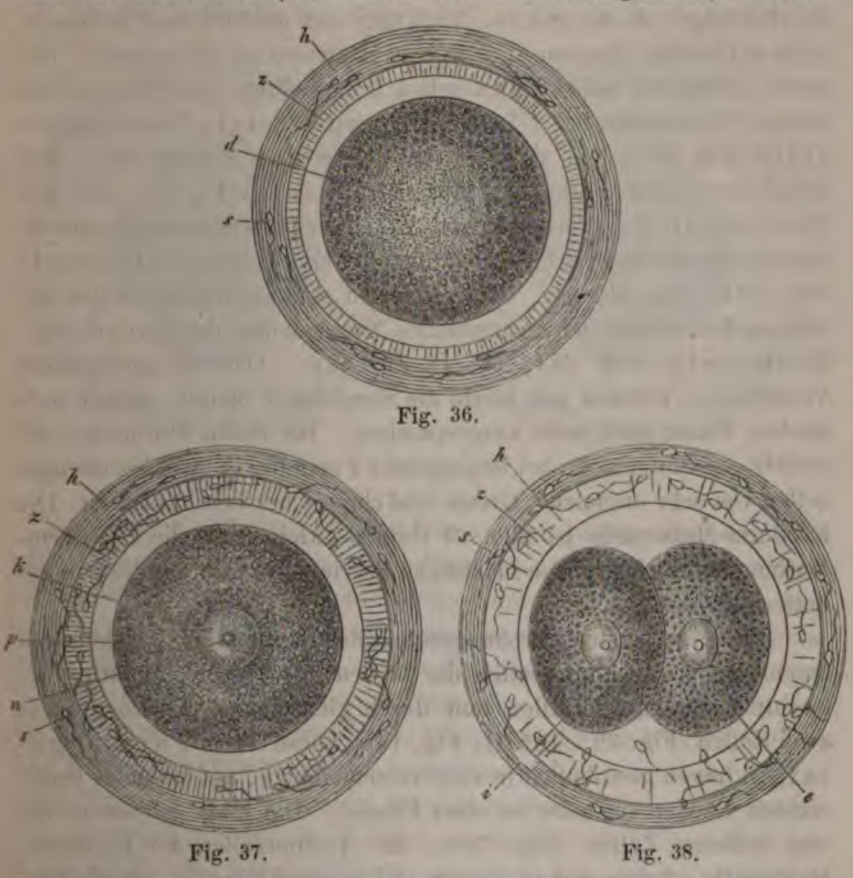


Fig. 36.

Fig. 37. Fig. 38.

Fig. 36. **Monerula des Säugethieres** (vom Kaninchen). Die befruchtete Eizelle nach Verlust des Keimbläschens ist eine einfache Protoplasma-Kugel (*d*). Die äussere Umhüllung derselben wird durch die veränderte Zona pellucida (*z*) und eine äusserlich darum gelagerte Schleimschicht (*h*) gebildet. In dieser sind noch einzelne Spermazellen sichtbar (*s*).

Fig. 37. **Stammzelle oder Cytula des Säugethieres** (vom Kaninchen). *k* Stammkern. *n* Kernkörperchen. *p* Protoplasma der Stammzelle. *z* Veränderte Zona pellucida. *h* Aeussere Eiweisshülle. *s* Spermazellen.

Fig. 38. **Beginnende Furchung des Säugethier-Eies** (vom Kaninchen). Die Stammzelle ist in zwei ungleiche Zellen zerfallen: Die hellere Mutterzelle des Hautblattes (*e*) und die dunklere Mutterzelle des Darmblattes (*i*). *z* Zona pellucida. *h* Aeussere Eiweisshülle. *s* Todte Spermazellen.

stossen sich ab und treten aus einander. Darauf zerfällt auch das Protoplasma der Stammzelle, von den beiden neuen Kernen angezogen, in zwei Hälften, die sich kugelig abrunden. Später geht ihre kugelige Gestalt in die ellipsoide über. (Fig. 38). Diese beiden Furchungszellen sind nicht von gleicher Grösse und Bedeutung, wie man bisher irrthümlich annahm. Vielmehr ist die eine etwas grösser, heller und durchsichtiger als die andere. Auch färbt sich die kleinere Furchungszelle in Carmin, Osmium u. s. w. viel intensiver als die grössere. Dadurch offenbaren beide Zellen schon ihre wichtige Beziehung zu den beiden Urkeimblättern: Die hellere und festere Furchungszelle (Fig. 38*e*) ist die Mutterzelle des Exoderms; die dunklere und weichere Furchungszelle (Fig. 38*i*) ist die Mutterzelle des Entoderms. Alle Zellen des äusseren Keimblattes oder Hautblattes sind Abkömmlinge der Exoderm-Mutterzelle (Fig. 38*e*; Taf. II, Fig. 13*e*). Ebenso sind sämmtliche Zellen des inneren Keimblattes oder Darmblattes Nachkommen der Entoderm-Mutterzelle (Fig. 38*i*; Taf. II, Fig. 13*i*). Dasselbe interessante Verhältniss, welches uns hierin die Säugethiere bieten, zeigen viele niedere Thiere noch mehr ausgesprochen. Bei vielen Würmern z. B. zerfällt die Stammzelle bei beginnender Furchung in zwei Furchungszellen von sehr ungleicher Grösse und chemischer Beschaffenheit. Die Exoderm-Mutterzelle ist hier oft vielmals kleiner als die Entoderm-Mutterzelle, welche einen mächtigen Proviant-Vorrath von Nahrungsdotter enthält.

Die beiden ersten Furchungszellen des Säugethieres, welche wir demnach als die Mutterzellen der beiden primären Keimblätter betrachten müssen, zerfallen nun durch gleichzeitige Theilung in je zwei Zellen (Fig. 39; Taf. II, Fig. 14). Diese vier Furchungszellen liegen gewöhnlich in zwei verschiedenen, auf einander senkrechten Ebenen (seltener in einer Ebene). Die zwei grösseren und und helleren Zellen (Fig. 39*e*), die Tochterzellen der Exoderm-Mutterzelle, färben sich in Carmin viel weniger intensiv, als die beiden kleineren und helleren Zellen, die Töchter der Entoderm-Mutterzelle (Fig. 39*i*). Die Linie, welche die Mittelpuncte der beiden letzteren Furchungskugeln verbindet, steht gewöhnlich senkrecht auf der Linie, welche die beiden ersteren verbindet. Nunmehr zerfällt jede von diesen 4 Zellen durch Theilung abermals in 2 gleiche Tochterzellen; wir bekommen acht Furchungszellen, die Urenkelinnen der Stammzelle (Fig. 40). Vier grössere, festere und hellere Zellen liegen in einer Ebene: die Enkelinnen der Exoderm-Mutterzelle. Vier



kleinere, weichere und dunklere Zellen liegen in einer zweiten, jener parallelen Ebene: die Enkelinnen der Entoderm-Mutterzelle. Wenn wir die Mittelpunkte von je zwei entgegengesetzten Furchungszellen einer Ebene durch gerade Linien verbinden, so schneiden sich diese letzteren unter rechten Winkeln. Aber die vier Verbindungslinien beider parallelen Ebenen zusammen schneiden sich unter Winkeln von 45 Grad (Fig. 40).

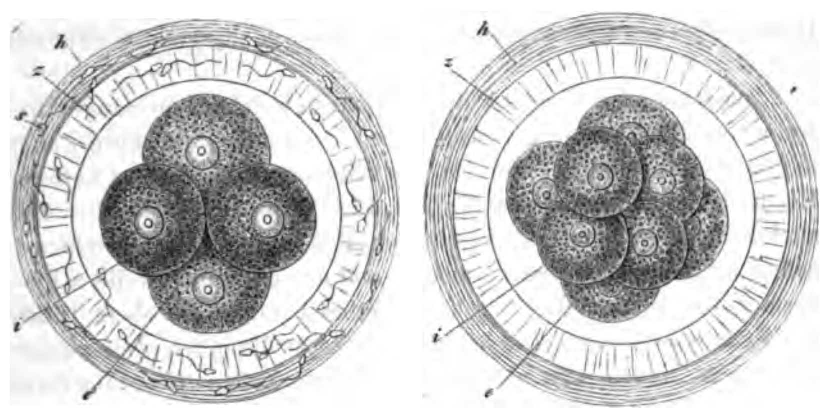


Fig. 39. Fig. 40.

Jetzt aber verändern die acht Furchungszellen ihre ursprüngliche Lage und ihre kugelige Gestalt. Eine von den vier Exoderm-Zellen tritt in die Mitte des Zellenhaufens und bildet zusammen mit den drei anderen eine Pyramide (oder ein Tetraeder). Die vier Exoderm-Zellen legen sich über die Spitze dieser Pyramide haubenförmig herüber (Taf. II, Fig. 15). Das ist der Anfang eines Keimungsprocesses, den wir als abgekürzte und gefälschte Wiederholung der **Einstülpung der Keimhautblase** auffassen müssen und der zur Gastrula-Bildung führt. Von jetzt an folgt die weitere Furchung des Säugethier-Eies einem Rhythmus, der demjenigen des Frosch-Eies im Wesentlichen gleich ist. Während bei der ursprünglichen (oder primordialen) Eifurchung der Rhythmus in regelmässig geometrischer Progression fortschreitet (2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 u. s. w.), so ist die Zahlenfolge

---

Fig. 39. **Die vier ersten Furchungszellen des Säugethieres** (vom Kaninchen). *e* Die beiden Exoderm-Zellen (grösser und heller). *i* Die beiden Entoderm-Zellen (kleiner und dunkler). *z* Zona pellucida. *h* Aeussere Eiweisshülle.

Fig. 40. **Säugethier-Ei mit acht Furchungszellen** (vom Kaninchen). *e* Vier Exoderm-Zellen (grösser und heller). *i* Vier Entoderm-Zellen (kleiner und dunkler). *z* Zona pellucida. *h* Aeussere Eiweisshülle.

der abgeänderten Progression beim Säugethier-Ei dieselbe wie beim Amphibien-Ei: 2, 4, 8, 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96, 160 u. s. w. (Vergl. die V. Tabelle). Das rührt davon her, dass von jetzt an die lebhafteren Exoderm-Zellen sich rascher vermehren als die trägeren Entoderm-Zellen. Die letzteren bleiben immer etwas hinter den ersteren zurück und werden von ihnen umwachsen. Diese Umwachsung der inneren Darmblatt-Zellen ist aber im Grunde nichts Anderes, als die Einstülpung der vegetativen Halbkugel in die animale Hemisphäre der Keimhautblase; d. h. die Bildung einer Gastrula (Fig. 41).[69]

Zunächst folgt also jetzt ein Stadium, in welchem der Säugethier-Keim aus 12 Furchungszellen besteht. 4 dunklere Entoderm-Zellen bilden eine dreiseitige Pyramide, die von einer Haube von 12 helleren Exoderm-Zellen bedeckt ist (Taf. II, Fig. 15 im Durchschnitt). Das nächste Stadium, mit 16 Furchungszellen, zeigt uns 4 Entodermzellen im Inneren, 4 andere aussen und unten; während die 8 Exoderm-Zellen in Gestalt einer halbkugeligen Haube die obere Hälfte des Keimes bedecken. Die letztere umwächst die innere Zellenmasse noch mehr, indem nun aus den 8 Exoderm-Zellen 16 werden; von den 8 Entoderm-Zellen liegen 3, 4 oder 5 im Inneren, 5, oder entsprechend 4 oder 3 an der Basis des kugeligen Keims (Taf. II, Fig. 16). Auf dieses Stadium von 24 Zellen folgt eins mit 32, indem auch die 8 Entodermzellen sich verdoppeln. Weiterhin folgen nun Keimformen mit 48 Furchungszellen (32 Exoderm, 16 Entoderm); 64 Furchungszellen (32 Hautblatt, 32 Darmblatt); 96 Furchungszellen (64 Exoderm, 32 Entoderm) u. s. w.

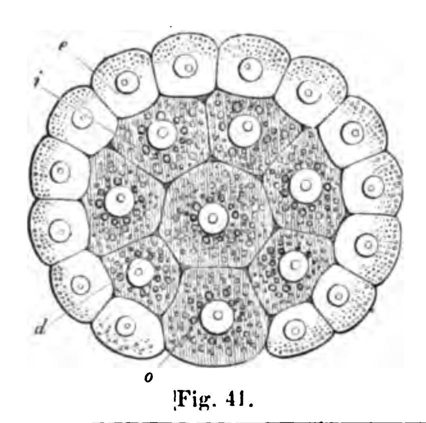


Fig. 41.

Wenn die Zahl der Furchungszellen beim Säugethiere-Keim auf 96 gestiegen ist (— beim Kaninchen ungefähr 70 Stunden nach der Befruchtung —), tritt die characteristische Form der Hauben-Gastrula (*Amphigastrula*) deutlich hervor (Fig. 41; vergl. Taf. II. Fig. 17 im Durchschnitt). Der

Fig. 41. Gastrula des Säugethieres (Amphigastrula vom Kaninchen), im Längsschnitt durch die Axe. *e* Exoderm-Zellen (64, heller und kleiner). *i* Entoderm-Zellen (32, dunkler und grösser). *d* Centrale Entoderm-Zelle, die Urdarmhöhle ausfüllend. *o* Peripherische Entoderm-Zelle, die Urmundöffnung verstopfend (Dotterpfropf im Rusconi'schen After).

kugelige Keim besteht aus einer centralen Masse von 32 weichen, rundlichen, dunkelkörnigen Entodermzellen, welche durch gegenseitigen Druck vieleckig abgeplattet sind und sich mit Osmium-Säure dunkelbraun färben (Fig. 41 *i*). Diese centrale dunkle Zellenmasse ist umgeben von einer helleren kugeligen Hülle, gebildet aus 64 würfelförmigen, kleineren und feinkörnigen Exoderm-Zellen, die in einer einzigen Schicht nebeneinander liegen und sich durch Osmiumsäure nur sehr schwach färben (Fig. 41 *e*). Nur an einer einzigen Stelle ist diese Exoderm-Hülle unterbrochen, indem 1, 2 oder 3 Entoderm-Zellen hier frei zu Tage treten. Diese letzteren bilden den Dotterpfropf und füllen den Urmund der Gastrula aus (*o*). Die centrale Urdarmhöhle (*d*) ist von Entoderm-Zellen erfüllt (Taf. II, Fig. 17). Die einaxige oder monaxonie Grundform der Säugethier-Gastrula ist dadurch deutlich ausgesprochen. [69])

Obwohl die ungleichmässige Eifurchung und Gastrulabildung der Säugethiere und der Amphibien demnach mancherlei Eigenthümlichkeiten darbietet, so ist es doch immer noch verhältnissmässig leicht, sie auf die ursprüngliche Eifurchung und Gastrulation des niedersten Wirbelthieres, des Amphioxus zurückzuführen, welche mit der von uns genau betrachteten Furchungsform der Koralle ganz übereinstimmt (vergl. Fig. 22 und 28). Alle diese und viele andere Thierklassen stimmen darin überein, dass bei ihrer Eifurchung das ganze Ei durch wiederholte Theilung in eine grosse Anzahl von Zellen zerfällt. Alle diese Thier-Eier nennt man seit langer Zeit nach Remak Ganzfurchende (*Holoblasta*), weil ihr Zerfall in Zellen ein vollständiger oder totaler ist (Taf. II).

Bei einer grossen Anzahl von anderen Thierklassen ist das aber nicht der Fall, so namentlich im Stamme der Wirbelthiere bei den Vögeln, Reptilien und den meisten Fischen; im Stamme der Gliederthiere bei den Insecten, den meisten Spinnen und Krebsen; im Stamme der Weichthiere bei den Cephalopoden oder Dintenfischen. Bei allen diesen Thieren besteht schon die reife Eizelle, und ebenso die durch Befruchtung daraus entstehende Stammzelle aus zwei ganz verschiedenen und getrennten Bestandtheilen, die man als Bildungsdotter und Nahrungsdotter unterscheidet. Der Bildungsdotter allein (*Vitellus formativus* oder *Morpholecithus* genannt) ist die entwickelungsfähige und kernhaltige Eizelle, welche sich bei der Eifurchung theilt und die zahlreichen Zellen erzeugt, aus denen sich der Embryo aufbaut. Der Nahrungsdotter hingegen (*Vitellus nutritivus* oder *Tropholecithus*) ist bloss ein Anhang der eigentlichen Eizelle, welcher Nahrungsma-

terial (Eiweiss, Fett u. s. w.) aufgespeichert enthält, und so gewissermaassen eine Vorrathskammer für den sich entwickelnden Embryo bildet. Der letztere entnimmt aus diesem Proviant-Magazin eine Masse von Nahrungsstoff und zehrt es endlich vollständig auf. Indirect ist so der Nahrungsdotter für die Keimung sehr wichtig. Direct ist er aber gar nicht dabei betheiligt. Denn er unterliegt nicht der Furchung und besteht überhaupt nicht aus Zellen. Bald ist der Nahrungsdotter kleiner, bald grösser, meistens vielmals grösser als der Bildungsdotter: und daher hielt man früher den ersteren für wichtiger als den letzteren. Alle Eier, die einen solchen selbstständigen Nahrungsdotter besitzen und die demnach nur theilweise der Furchung unterliegen, heissen nach REMAK Theilfurchende (*Meroblasta*); ihre Furchung ist eine unvollständige oder partielle (Taf. III.)

Das Verständniss der partiellen Eifurchung und der eigenthümlichen, daraus entstehenden Gastrula-Form bietet grosse Schwierigkeiten dar; und erst kürzlich ist es mir durch vergleichende Untersuchung gelungen, dieselben zu beseitigen und auch diese cenogenetische Form der Furchung und Gastrulation auf die ursprüngliche, palingenetische Form zurückzuführen. Die grössten Dienste leisteten mir dabei die pelagischen Eier eines Knochenfisches, deren Entwickelung ich 1875 in Ajaccio auf Corsica beobachtete (Taf. III, Fig. 18—24). Ich fand dieselben in Gallertklumpen vereinigt, schwimmend an der Oberfläche des Meeres: und da die kleinen Eierchen vollkommen durchsichtig waren, konnte ich sehr bequem und Schritt für Schritt die Entwickelung des Keimes verfolgen [70]. Diese Eier (wahrscheinlich einem Dorschartigen Fische aus der Gadoiden-Familie, vielleicht auch einem Cottoiden angehörig) sind glashelle und farblose Kügelchen von wenig mehr als einem halben Millimeter Durchmesser (0,64 — 0,66 Mm.). Innerhalb einer structurlosen, dünnen, aber festen Eihülle (*Chorion*, Fig. 42 *c*) liegt eine grosse, vollkommen klare und wasserhelle Eiweisskugel (*n*). An beiden Polen ihrer Axe hat diese Kugel eine

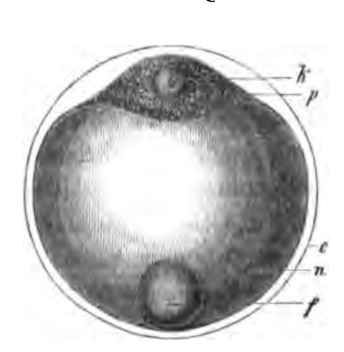


Fig. 42.

Fig. 42. Ei eines pelagischen Knochenfisches. *p* Protoplasma der Stammzelle. *k* Kern derselben. *n* Klare Eiweisskugel des Nahrungsdotters. *f* Fettkugel desselben. *c* Aeussere Eihülle oder Chorion.

grubenförmige Vertiefung. In der Grube am oberen Pole (der am schwimmenden Ei nach unten gekehrt ist) liegt eine einfache, linsenförmige, kernhaltige Zelle (Fig. 42 *p*). Am unbefruchteten Ei ist das die ursprüngliche Eizelle, am befruchteten die Stammzelle: zwischen diesen beiden kernhaltigen Zuständen wird wahrscheinlich ein kernloses Stadium, die Monerula liegen. Am entgegengesetzten Pole des Eies, in der unteren Grube, liegt eine klare, einfache Fettkugel (*f*). Die kleine Fettkugel und die grosse Eiweisskugel zusammen bilden den Nahrungsdotter. Die kleine Zelle allein ist der Bildungsdotter; sie allein unterliegt dem Furchungs-Prozess, der den Nahrungsdotter gar nicht berührt[70].

Die Furchung der Stammzelle oder des Bildungsdotters verläuft ganz unabhängig vom Nahrungsdotter und in ganz regelmässiger geometrischer Progression (Vergl. Taf. III, Fig. 18—24. Nur der Bildungsdotter mit dem angrenzenden Theile des Nahrungsdotters (*n*) ist hier im senkrechten Durchschnitt (durch eine Meridian-Ebene) dargestellt, hingegen der grössere Theil des letzteren und die Eihülle weggelassen). Die Stammzelle (Fig. 18) zerfällt zunächst wiederum in zwei gleiche Furchungszellen (Fig. 19). Aus diesen werden durch wiederholte Theilung erst 4, dann 8, darauf 16 Zellen (Fig. 20). Aus diesen entstehen durch fortgesetzte gleichzeitige Theilung 32, dann 64 Zellen u. s. w. Alle diese Furchungszellen sind von gleicher Grösse und Beschaffenheit. Sie bilden schliesslich, dicht aneinander gelagert, eine linsenförmige Masse (Taf. III, Fig. 21). Diese entspricht vollkommen dem kugeligen Maulbeerkeim der primordialen Furchung (*Morula*, Taf. II, Fig. 3). Aus diesem linsenförmigen Maulbeerkeim entsteht nun ein Blasenkeim (*Blastula*), indem die Zellen des ersteren sich eigenthümlich in centrifugaler Richtung verschieben (Taf. III, Fig. 22). Aus der regelmässigen biconvexen Linse wird eine uhrglasförmige Scheibe mit verdickten Rändern. Wie das Uhrglas auf der Uhr, so liegt diese convexe Zellenscheibe auf der oberen, schwächer gewölbten Polfläche des Nahrungsdotters auf. Indem sich zwischen beiden Flüssigkeit angesammelt hat, ist eine kreisrunde niedrige Höhle entstanden (Fig. 22 *s*). Diese ist die Furchungshöhle und entspricht der centralen Furchungshöhle der palingenetischen Blastula (Taf. II, Fig. 4). Der schwach gewölbte Boden der niedrigen Furchungshöhle wird vom Nahrungsdotter (*n*), die stark gewölbte Decke derselben von den Blastulazellen gebildet. In der That ist unser Fischkeim jetzt eine Blase mit excentrischer Höhle, ebenso wie die Blastula des Frosches (Taf. II, Fig. 10).

Nunmehr folgt der wichtige Vorgang der Einstülpung, welcher zur Gastrulabildung führt. In Folge einer weiteren Vermehrung und Verschiebung oder Wanderung der Blastulazellen wachsen nämlich die verdickten Ränder der Zellenscheibe, welche auf dem Nahrungsdotter aufliegen, centripetal nach innen gegen die Mitte der Furchungshöhle (Fig. 23) und kommen hier schliesslich zur Vereinigung. Die ganze Zellenmasse bildet jetzt ein kleines flaches Säckchen, das oben auf dem Nahrungsdotter aufliegt. Die Höhle dieses Säckchens (oder die Furchungshöhle) verschwindet aber rasch, indem sich die untere Wand desselben überall eng an die obere anlegt (Fig. 24). Damit ist die Gastrulabildung unseres Fisches vollendet.

Zum Unterschiede von den beiden früher betrachteten Hauptformen der Gastrula nennen wir diese dritte Hauptform die Scheiben-Gastrula (*Discogastrula*, Fig. 43). In der That bildet die Zellenmasse, welche dieselbe zusammensetzt, eine kreisrunde, dünne Scheibe. Diese Scheibe liegt mit ihrer inneren ausgehöhlten Fläche unmittelbar der gewölbten Oberfläche des Nahrungsdotters (*n*) auf. Dagegen ist ihre äussere Oberfläche convex vorgewölbt, wie bei einem Schilde. Legen wir durch die Mitte der Gastrula (in einer Meridian-Ebene des kugeligen Eies) einen senkrechten Durchschnitt, so finden wir, dass dieselbe aus mehreren Zellenschichten (und zwar in diesem Falle vier) zusammengesetzt ist (Taf. III, Fig. 24). Unmittelbar auf dem Nahrungsdotter liegt eine einzige Schicht von grösseren Zellen (Fig. 24 *i*), welche sich durch ein weicheres, trüberes, grobkörniges Protoplasma auszeichnen und mit Carmin dunkelroth färben. Diese bilden das Darmblatt oder Entoderm, entstanden durch Hereinwachsen der Scheibenränder (eingestülpte Keimschicht). Die drei äusseren, darüber liegenden Schichten hingegen bilden das Hautblatt oder Exoderm (Fig. 24 *e*). Sie bestehen aus kleineren Zellen, welche sich in Carmin nur schwach färben; ihr Protoplasma ist fester, klarer,

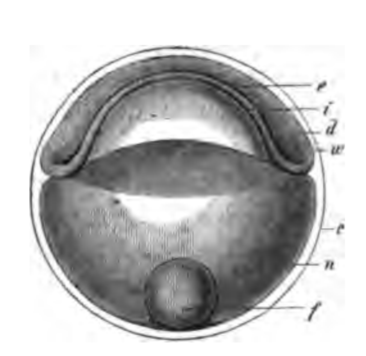


Fig. 43.

Fig. 43. Scheiben-Gastrula (*Discogastrula*) eines Knochenfisches. *e* Exoderm. *i* Entoderm. *w* Randwulst oder Urmundrand. *n* Eiweisskugel des Nahrungsdotters. f Fettkugel desselben. *c* Aeussere Eihülle (Chorion). *d* Grenze zwischen Entoderm und Exoderm (früher Furchungshöhle).

feinkörniger. An dem verdickten Rande der Gastrula, dem Urmundrande (Randwulste oder Properistoma) gehen Entoderm und Exoderm ohne scharfe Gränze in einander über (Fig. 43 *w*).

Offenbar sind die wichtigsten Eigenthümlichkeiten, welche diese Scheibengastrula vor den früher betrachteten beiden Hauptformen der Gastrula auszeichnen, durch den grossen Nahrungsdotter bedingt. Dieser nimmt an der Furchung gar keinen Antheil und füllt von Anfang an die Urdarmhöhle der Gastrula vollständig aus, indem er zugleich aus deren Mundöffnung weit hervorragt. Stellen wir uns vor, die ursprüngliche Glocken-Gastrula (Fig. 23—29) wolle einen kugeligen Nahrungsballen verschlucken, der viel grösser ist, als sie selbst, so wird sie sich beim Versuche dazu in derselben Weise scheibenförmig auf letzterem ausbreiten, wie es hier der Fall ist (Fig. 43). Wir können also die Scheibengastrula unmittelbar (oder durch die Zwischenstufe der Hauben-Gastrula hindurch) von der ursprünglichen Glocken-Gastrula ableiten. Sie ist phylogenetisch dadurch entstanden, dass sich an einem Pole des Eies ein Vorrath von Nahrungsmaterial ansammelte und so ein »Nahrungsdotter« im Gegensatze zum »Bildungsdotter« ausbildete. Trotzdem entsteht aber auch hier, wie in den früheren Fällen, die Gastrula durch Einstülpung oder Invagination der Blastula. Wir können demnach auch diese cenogenetische Form der scheibenförmigen Furchung (*Segmentatio discoidalis*) wiederum auf die palingenetische Form der ursprünglichen Furchung zurückführen.

Während diese Zurückführung bei dem kleinen Ei unseres pelagischen Knochenfisches noch ziemlich leicht und sicher ist, so erscheint sie dagegen sehr schwierig und unsicher bei den grossen Eiern, welche wir bei der Mehrzahl der übrigen Fische, sowie bei sämmtlichen Reptilien und Vögeln finden. Hier ist nämlich der Nahrungsdotter erstens ganz unverhältnissmässig gross, ja sogar colossal, so dass dagegen der Bildungsdotter fast verschwindet; und zweitens enthält der Nahrungsdotter eine Masse von verschiedenen geformten Bestandtheilen, welche als »Dotterkörner, Dotterkugeln, Dotterplättchen, Dotterschollen, Dotterblasen« u. s. w. bekannt sind. Oft hat man diese geformten Dotter-Elemente sogar geradezu für echte Zellen erklärt, und ganz irrthümlich behauptet, dass aus diesen Zellen ein Theil des Embryo-Körpers aufgebaut werde [71]. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Vielmehr bleibt der Nahrungsdotter in allen Fällen, auch wenn er noch so gross wird, ein todter Vorrath von Nahrungsmaterial, der während der Keimung in den entstehenden Darm aufgenommen und

von dem Embryo verzehrt wird. Der letztere entwickelt sich bloss aus dem lebendigen Bildungsdotter, aus der Stammzelle. Das gilt ganz ebenso von unseren kleinen Knochenfisch-Eiern, wie von den colossalen Eiern der Urfische, Reptilien und Vögel.

Das Vogel-Ei ist für uns von ganz besonderer Bedeutung, weil die meisten und wichtigsten Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere sich auf Beobachtungen am bebrüteten Hühner-Ei gründen. Das Ei der Säugethiere ist viel schwieriger zu erlangen und zu untersuchen, und aus diesen praktischen, nebensächlichen Gründen viel seltener genau verfolgt. Hingegen können wir das Hühner-Ei jederzeit in beliebiger Menge erhalten und durch künstliche Bebrütung desselben Schritt für Schritt jedes Stadium der Veränderungen verfolgen, welche der daraus hervorgehende Embryo im Laufe seiner Entwickelung erleidet. Das Vogel-Ei unterscheidet sich von dem kleinen Säugethier-Ei wesentlich durch seine sehr bedeutende Grösse, indem sich innerhalb des ursprünglichen Dotters oder des Protoplasma der Eizelle eine sehr bedeutende Masse von fettreichem Nahrungsdotter ansammelt. Das ist die gelbe Kugel, welche wir täglich als »Eidotter« verzehren. Um zu einem richtigen Verständniss des Vogel-Eies zu gelangen, welches vielfach ganz falsch gedeutet worden ist, müssen wir dasselbe in seinen allerjüngsten Zuständen aufsuchen und von Anfang seiner Entwickelung an im Eierstock des Vogels verfolgen. Da sehen wir denn, dass das ursprüngliche Vogel-Ei eine ganz kleine und nackte, einfache Zelle mit Kern ist, weder in der Grösse noch in der Form von der ursprünglichen Eizelle der Säugethiere und anderer Thiere verschieden. (Vergl. Fig. 10 *E*, S. 109). Wie bei allen Schädelthieren wird die ursprüngliche Eizelle oder das Ur-Ei (*Protovum*) von einer zusammenhängenden Schicht kleinerer Zellen ringsum bedeckt, wie von einem Epithel. Diese Epithel-Hülle ist der sogenannte Graaf'sche Follikel, aus welchem die Eizelle später austritt. Unmittelbar darunter wird vom Eidotter die structurlose Dotterhaut ausgeschieden.

Sehr frühzeitig nun beginnt das kleine Ur-Ei des Vogels eine Masse von Nahrungsstoff durch die Dotterhaut hindurch in sich aufzunehmen und zu dem sogenannten »gelben Dotter« (dem Eigelb oder Dottergelb) zu verarbeiten. Dadurch verwandelt sich das Ur-Ei in das Nach-Ei (*Metovum*), welches vielmals grösser ist, als das Ur-Ei, aber dennoch nur eine einzige, colossal vergrösserte Zelle darstellt[72]. Durch die Ansammlung der mächtigen gelben Dottermasse im Inneren der Protoplasma-Kugel wird der darin enthaltene Kern (das »Keim-

bläschen«) ganz an die Oberfläche der Dotterkugel gedrängt. Hier ist derselbe von einer geringen Menge Protoplasma umgeben und bildet mit diesem zusammen den linsenförmigen »Bildungsdotter« (Fig. 44 *b*). Dieser erscheint aussen auf der gelben Dotterkugel, an einer Stelle der Oberfläche, als ein kleines kreisrundes weisses Fleckchen, der sogenannte »Hahnentritt« oder die Narbe. Von dieser Narbe aus geht ein fadenförmiger Strang von weissem Nahrungsdotter (*d*), der keine gelben Dotterkörner enthält und weicher als der gelbe Nahrungsdotter ist, radial bis in die Mitte der gelben Dotterkugel hinein und bildet hier eine kleine centrale Kugel von Dotterweiss (Fig. 44, *d*). Diese ganze weisse Dottermasse ist aber nicht scharf von dem gelben Dotter getrennt, der auf erhärteten Eiern eine schwache Andeutung von concentrischer Schichtung zeigt (Fig. 44 *c*). Wie an diesem kugeligen gelben Vogel-Ei im Eierstock, so findet man auch an dem gelegten Hühner-Ei, wenn man die Eischale öffnet und den Dotter herausnimmt, an dessen Oberfläche eine kreisrunde kleine weisse Scheibe, die der Narbe oder dem Hahnentritt entspricht. Jetzt ist diese kleine weisse »Keimscheibe« aber schon weit entwickelt, und Nichts Anderes, als die **Gastrula** des Hühnchens. Aus ihr allein entsteht der Körper des letzteren. Die ganze gelbe und weisse Dottermasse ist völlig bedeutungslos für die Gestaltbildung des entstehenden Hühnchens, indem dieselbe nur als Nahrungsstoff von dem sich entwickelnden Embryo verbraucht, als Proviant verzehrt wird. Die klare, zähflüssige voluminöse Eiweissmasse, welche den gelben Dotter des Vogel-Eies umgiebt, und ebenso die feste Kalkschale des letzteren, werden erst innerhalb des Eileiters um das bereits befruchtete Vogel-Ei herumgebildet.

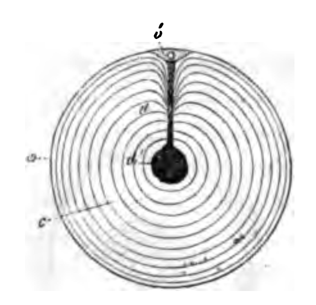


Fig. 44.

Nachdem die Befruchtung des Vogel-Eies innerhalb des mütterlichen Körpers erfolgt ist, wird wahrscheinlich auch hier zunächst das

---

Fig. 44. Eine reife Eizelle aus dem Eierstock des Huhnes (im Durchschnitt). Der gelbe Nahrungsdotter ist aus concentrischen Schichten (*c*) zusammengesetzt und von einer dünnen Dotterhaut (*a*) umhüllt. Der Zellenkern oder das Keimbläschen bildet mit dem Protoplasma der Eizelle zusammen den »Bildungsdotter« (*b*) oder die »Narbe«. Von da setzt sich der weisse Dotter (hier schwarz) bis in die Dotterhöhle fort (*d'*). Doch sind beide Dotter-Arten nicht scharf geschieden.

der abgeänderten Progression beim Säugethier-Ei dieselbe wie beim Amphibien-Ei: 2, 4, 8, 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96, 160 u. s. w. (Vergl. die V. Tabelle). Das rührt davon her, dass von jetzt an die lebhafteren Exoderm-Zellen sich rascher vermehren als die trägeren Entoderm-Zellen. Die letzteren bleiben immer etwas hinter den ersteren zurück und werden von ihnen umwachsen. Diese Umwachsung der inneren Darmblatt-Zellen ist aber im Grunde nichts Anderes, als die Einstülpung der vegetativen Halbkugel in die animale Hemisphäre der Keimhautblase; d. h. die Bildung einer Gastrula (Fig. 41).[69]

Zunächst folgt also jetzt ein Stadium, in welchem der Säugethier-Keim aus 12 Furchungszellen besteht. 4 dunklere Entoderm-Zellen bilden eine dreiseitige Pyramide, die von einer Haube von 12 helleren Exoderm-Zellen bedeckt ist (Taf. II, Fig. 15 im Durchschnitt). Das nächste Stadium, mit 16 Furchungszellen, zeigt uns 4 Entodermzellen im Inneren, 4 andere aussen und unten; während die 8 Exoderm-Zellen in Gestalt einer halbkugeligen Haube die obere Hälfte des Keimes bedecken. Die letztere umwächst die innere Zellenmasse noch mehr, indem nun aus den 8 Exoderm-Zellen 16 werden; von den 8 Entoderm-Zellen liegen 3, 4 oder 5 im Inneren, 5, oder entsprechend 4 oder 3 an der Basis des kugeligen Keims (Taf. II, Fig. 16). Auf dieses Stadium von 24 Zellen folgt eins mit 32, indem auch die 8 Entodermzellen sich verdoppeln. Weiterhin folgen nun Keimformen mit 48 Furchungszellen (32 Exoderm, 16 Entoderm); 64 Furchungszellen (32 Hautblatt, 32 Darmblatt); 96 Furchungszellen (64 Exoderm, 32 Entoderm) u. s. w.

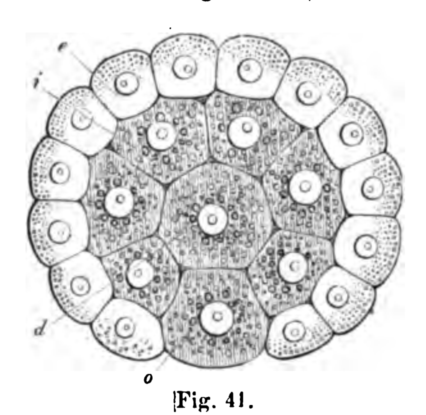


Fig. 41.

Wenn die Zahl der Furchungszellen beim Säugethiere-Keim auf 96 gestiegen ist (— beim Kaninchen ungefähr 70 Stunden nach der Befruchtung —), tritt die characteristische Form der Hauben-Gastrula (*Amphigastrula*) deutlich hervor (Fig. 41; vergl. Taf. II. Fig. 17 im Durchschnitt). Der

Fig. 41. Gastrula des Säugethieres (Amphigastrula vom Kaninchen), im Längsschnitt durch die Axe. *e* Exoderm-Zellen (64, heller und kleiner). *i* Entoderm-Zellen (32, dunkler und grösser). *d* Centrale Entoderm-Zelle, die Urdarmhöhle ausfüllend. *o* Peripherische Entoderm-Zelle, die Urmundöffnung verstopfend (Dotterpfropf im Rusconi'schen After).

kugelige Keim besteht aus einer centralen Masse von 32 weichen, rundlichen, dunkelkörnigen Entodermzellen, welche durch gegenseitigen Druck vieleckig abgeplattet sind und sich mit Osmium-Säure dunkelbraun färben (Fig. 41 *i*). Diese centrale dunkle Zellenmasse ist umgeben von einer helleren kugeligen Hülle, gebildet aus 64 würfelförmigen, kleineren und feinkörnigen Exoderm-Zellen, die in einer einzigen Schicht nebeneinander liegen und sich durch Osmiumsäure nur sehr schwach färben (Fig. 41 *e*). Nur an einer einzigen Stelle ist diese Exoderm-Hülle unterbrochen, indem 1, 2 oder 3 Entoderm-Zellen hier frei zu Tage treten. Diese letzteren bilden den Dotterpfropf und füllen den Urmund der Gastrula aus (*o*). Die centrale Urdarmhöhle (*d*) ist von Entoderm-Zellen erfüllt (Taf. II, Fig. 17). Die einaxige oder monaxonie Grundform der Säugethier-Gastrula ist dadurch deutlich ausgesprochen. [69])

Obwohl die ungleichmässige Eifurchung und Gastrulabildung der Säugethiere und der Amphibien demnach mancherlei Eigenthümlichkeiten darbietet, so ist es doch immer noch verhältnissmässig leicht, sie auf die ursprüngliche Eifurchung und Gastrulation des niedersten Wirbelthieres, des Amphioxus zurückzuführen, welche mit der von uns genau betrachteten Furchungsform der Koralle ganz übereinstimmt (vergl. Fig. 22 und 28). Alle diese und viele andere Thierklassen stimmen darin überein, dass bei ihrer Eifurchung das **ganze** Ei durch wiederholte Theilung in eine grosse Anzahl von Zellen zerfällt. Alle diese Thier-Eier nennt man seit langer Zeit nach REMAK **Ganzfurchende** (*Holoblasta*), weil ihr Zerfall in Zellen ein vollständiger oder **totaler** ist (Taf. II).

Bei einer grossen Anzahl von anderen Thierklassen ist das aber nicht der Fall, so namentlich im Stamme der Wirbelthiere bei den Vögeln, Reptilien und den meisten Fischen; im Stamme der Gliederthiere bei den Insecten, den meisten Spinnen und Krebsen; im Stamme der Weichthiere bei den Cephalopoden oder Dintenfischen. Bei allen diesen Thieren besteht schon die reife Eizelle, und ebenso die durch Befruchtung daraus entstehende Stammzelle aus zwei ganz verschiedenen und getrennten Bestandtheilen, die man als Bildungsdotter und Nahrungsdotter unterscheidet. Der **Bildungsdotter** allein (*Vitellus formativus* oder *Morpholecithus* genannt) ist die entwickelungsfähige und kernhaltige Eizelle, welche sich bei der Eifurchung theilt und die zahlreichen Zellen erzeugt, aus denen sich der Embryo aufbaut. Der **Nahrungsdotter** hingegen (*Vitellus nutritivus* oder *Tropholecithus*) ist bloss ein Anhang der eigentlichen Eizelle, welcher Nahrungsma-

terial (Eiweiss, Fett u. s. w.) aufgespeichert enthält, und so gewissermaassen eine Vorrathskammer für den sich entwickelnden Embryo bildet. Der letztere entnimmt aus diesem Proviant-Magazin eine Masse von Nahrungsstoff und zehrt es endlich vollständig auf. Indirect ist so der Nahrungsdotter für die Keimung sehr wichtig. Direct ist er aber gar nicht dabei betheiligt. Denn er unterliegt nicht der Furchung und besteht überhaupt nicht aus Zellen. Bald ist der Nahrungsdotter kleiner, bald grösser, meistens vielmals grösser als der Bildungsdotter; und daher hielt man früher den ersteren für wichtiger als den letzteren. Alle Eier, die einen solchen selbstständigen Nahrungsdotter besitzen und die demnach nur theilweise der Furchung unterliegen, heissen nach REMAK Theilfurchende (*Meroblasta*); ihre Furchung ist eine unvollständige oder partielle (Taf. III.)

Das Verständniss der partiellen Eifurchung und der eigenthümlichen, daraus entstehenden Gastrula-Form bietet grosse Schwierigkeiten dar; und erst kürzlich ist es mir durch vergleichende Untersuchung gelungen, dieselben zu beseitigen und auch diese cenogenetische Form der Furchung und Gastrulation auf die ursprüngliche, palingenetische Form zurückzuführen. Die grössten Dienste leisteten mir dabei die pelagischen Eier eines Knochenfisches, deren Entwickelung ich 1875 in Ajaccio auf Corsica beobachtete (Taf. III, Fig. 18—24). Ich fand dieselben in Gallertklumpen vereinigt, schwimmend an der Oberfläche des Meeres: und da die kleinen Eierchen vollkommen durchsichtig waren, konnte ich sehr bequem und Schritt für Schritt die Entwickelung des Keimes verfolgen [70]. Diese Eier (wahrscheinlich einem Dorschartigen Fische aus der Gadoiden-Familie, vielleicht auch einem Cottoiden angehörig) sind glashelle und farblose Kügelchen von wenig mehr als einem halben Millimeter Durchmesser (0,64—0,66 Mm.). Innerhalb einer structurlosen, dünnen, aber festen Eihülle (*Chorion*, Fig. 42 *c*) liegt eine grosse, vollkommen klare und wasserhelle Eiweisskugel (*n*). An beiden Polen ihrer Axe hat diese Kugel eine

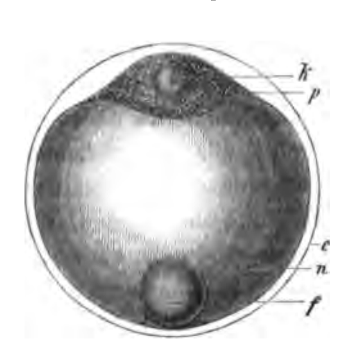


Fig. 42.

Fig. 42. Ei eines pelagischen Knochenfisches. *p* Protoplasma der Stammzelle. *k* Kern derselben. *n* Klare Eiweisskugel des Nahrungsdotters. *f* Fettkugel desselben. *c* Aeussere Eihülle oder Chorion.

grubenförmige Vertiefung. In der Grube am oberen Pole (der am schwimmenden Ei nach unten gekehrt ist) liegt eine einfache, linsenförmige, kernhaltige Zelle (Fig. 42 *p*). Am unbefruchteten Ei ist das die ursprüngliche Eizelle, am befruchteten die Stammzelle; zwischen diesen beiden kernhaltigen Zuständen wird wahrscheinlich ein kernloses Stadium, die Monerula liegen. Am entgegengesetzten Pole des Eies, in der unteren Grube, liegt eine klare, einfache Fettkugel (*f*). Die kleine Fettkugel und die grosse Eiweisskugel zusammen bilden den Nahrungsdotter. Die kleine Zelle allein ist der Bildungsdotter; sie allein unterliegt dem Furchungs-Prozess, der den Nahrungsdotter gar nicht berührt[70].

Die Furchung der Stammzelle oder des Bildungsdotters verläuft ganz unabhängig vom Nahrungsdotter und in ganz regelmässiger geometrischer Progression (Vergl. Taf. III, Fig. 18—24. Nur der Bildungsdotter mit dem angrenzenden Theile des Nahrungsdotters (*n*) ist hier im senkrechten Durchschnitt (durch eine Meridian-Ebene) dargestellt, hingegen der grössere Theil des letzteren und die Eihülle weggelassen). Die Stammzelle (Fig. 18) zerfällt zunächst wiederum in zwei gleiche Furchungszellen (Fig. 19). Aus diesen werden durch wiederholte Theilung erst 4, dann 8, darauf 16 Zellen (Fig. 20). Aus diesen entstehen durch fortgesetzte gleichzeitige Theilung 32, dann 64 Zellen u. s. w. Alle diese Furchungszellen sind von gleicher Grösse und Beschaffenheit. Sie bilden schliesslich, dicht aneinander gelagert, eine linsenförmige Masse (Taf. III, Fig. 21). Diese entspricht vollkommen dem kugeligen Maulbeerkeim der primordialen Furchung (*Morula*, Taf. II, Fig. 3). Aus diesem linsenförmigen Maulbeerkeim entsteht nun ein Blasenkeim (*Blastula*), indem die Zellen des ersteren sich eigenthümlich in centrifugaler Richtung verschieben (Taf. III, Fig. 22). Aus der regelmässigen biconvexen Linse wird eine uhrglasförmige Scheibe mit verdickten Rändern. Wie das Uhrglas auf der Uhr, so liegt diese convexe Zellenscheibe auf der oberen, schwächer gewölbten Polfläche des Nahrungsdotters auf. Indem sich zwischen beiden Flüssigkeit angesammelt hat, ist eine kreisrunde niedrige Höhle entstanden (Fig. 22 *s*). Diese ist die Furchungshöhle und entspricht der centralen Furchungshöhle der palingenetischen Blastula (Taf. II, Fig. 4). Der schwach gewölbte Boden der niedrigen Furchungshöhle wird vom Nahrungsdotter (*n*), die stark gewölbte Decke derselben von den Blastulazellen gebildet. In der That ist unser Fischkeim jetzt eine Blase mit excentrischer Höhle, ebenso wie die Blastula des Frosches (Taf. II, Fig. 10).

Nunmehr folgt der wichtige Vorgang der **Einstülpung**, welcher zur Gastrulabildung führt. In Folge einer weiteren Vermehrung und Verschiebung oder Wanderung der Blastulazellen wachsen nämlich die verdickten Ränder der Zellenscheibe, welche auf dem Nahrungsdotter aufliegen, **centripetal** nach innen gegen die Mitte der Furchungshöhle (Fig. 23) und kommen hier schliesslich zur Vereinigung. Die ganze Zellenmasse bildet jetzt ein kleines flaches Säckchen. das oben auf dem Nahrungsdotter aufliegt. Die Höhle dieses Säckchens (oder die Furchungshöhle) verschwindet aber rasch, indem sich die untere Wand desselben überall eng an die obere anlegt (Fig. 24). Damit ist die Gastrulabildung unseres Fisches vollendet.

Zum Unterschiede von den beiden früher betrachteten Hauptformen der Gastrula nennen wir diese dritte Hauptform die **Scheiben-Gastrula** (*Discogastrula*, Fig. 43). In der That bildet die Zellenmasse, welche dieselbe zusammensetzt, eine kreisrunde, dünne Scheibe. Diese Scheibe liegt mit ihrer inneren ausgehöhlten Fläche unmittelbar der gewölbten Oberfläche des Nahrungsdotters (*n*) auf. Dagegen ist ihre äussere Oberfläche convex vorgewölbt, wie bei einem Schilde. Legen wir durch die Mitte der Gastrula (in einer Meridian-Ebene des kugeligen Eies) einen senkrechten Durchschnitt, so finden wir, dass dieselbe aus mehreren Zellenschichten (und zwar in diesem Falle vier) zusammengesetzt ist (Taf. III, Fig. 24). Unmittelbar auf dem Nahrungsdotter liegt eine einzige Schicht von grösseren Zellen (Fig. 24 *i*), welche sich durch ein weicheres, trüberes, grobkörniges Protoplasma auszeichnen und mit Carmin dunkelroth färben. Diese bilden das Darmblatt oder **Entoderm**, entstanden durch Hereinwachsen der Scheibenränder (eingestülpte Keimschicht). Die drei äusseren, darüber liegenden Schichten hingegen bilden das Hautblatt oder Exoderm (Fig. 24 *e*). Sie bestehen aus kleineren Zellen, welche sich in Carmin nur schwach färben; ihr Protoplasma ist fester, klarer,

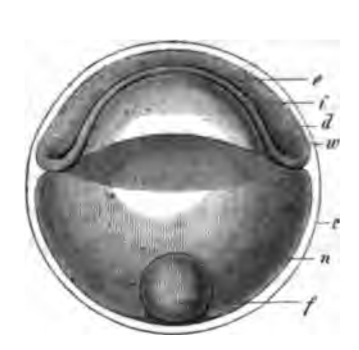


Fig. 43.

Fig. 43. Scheiben-Gastrula (*Discogastrula*) eines Knochenfisches. *e* Exoderm. *i* Entoderm. *w* Randwulst oder Urmundrand. *n* Eiweisskugel des Nahrungsdotters. f Fettkugel desselben. *c* Aeussere Eihülle (Chorion). *d* Grenze zwischen Entoderm und Exoderm (früher Furchungshöhle).

feinkörniger. An dem verdickten Rande der Gastrula, dem Urmundrande (Randwulste oder Properistoma) gehen Entoderm und Exoderm ohne scharfe Gränze in einander über (Fig. 43 *w*).

Offenbar sind die wichtigsten Eigenthümlichkeiten, welche diese Scheibengastrula vor den früher betrachteten beiden Hauptformen der Gastrula auszeichnen, durch den grossen Nahrungsdotter bedingt. Dieser nimmt an der Furchung gar keinen Antheil und füllt von Anfang an die Urdarmhöhle der Gastrula vollständig aus, indem er zugleich aus deren Mundöffnung weit hervorragt. Stellen wir uns vor, die ursprüngliche Glocken-Gastrula (Fig. 23—29) wolle einen kugeligen Nahrungsballen verschlucken, der viel grösser ist, als sie selbst, so wird sie sich beim Versuche dazu in derselben Weise scheibenförmig auf letzterem ausbreiten, wie es hier der Fall ist (Fig. 43). Wir können also die Scheibengastrula unmittelbar (oder durch die Zwischenstufe der Hauben-Gastrula hindurch) von der ursprünglichen Glocken-Gastrula ableiten. Sie ist phylogenetisch dadurch entstanden, dass sich an einem Pole des Eies ein Vorrath von Nahrungsmaterial ansammelte und so ein »Nahrungsdotter« im Gegensatze zum »Bildungsdotter« ausbildete. Trotzdem entsteht aber auch hier, wie in den früheren Fällen, die Gastrula durch Einstülpung oder Invagination der Blastula. Wir können demnach auch diese cenogenetische Form der scheibenförmigen Furchung (*Segmentatio discoidalis*) wiederum auf die palingenetische Form der ursprünglichen Furchung zurückführen.

Während diese Zurückführung bei dem kleinen Ei unseres pelagischen Knochenfisches noch ziemlich leicht und sicher ist, so erscheint sie dagegen sehr schwierig und unsicher bei den grossen Eiern, welche wir bei der Mehrzahl der übrigen Fische, sowie bei sämmtlichen Reptilien und Vögeln finden. Hier ist nämlich der Nahrungsdotter erstens ganz unverhältnissmässig gross, ja sogar colossal, so dass dagegen der Bildungsdotter fast verschwindet; und zweitens enthält der Nahrungsdotter eine Masse von verschiedenen geformten Bestandtheilen, welche als »Dotterkörner, Dotterkugeln, Dotterplättchen, Dotterschollen, Dotterblasen« u. s. w. bekannt sind. Oft hat man diese geformten Dotter-Elemente sogar geradezu für echte Zellen erklärt, und ganz irrthümlich behauptet, dass aus diesen Zellen ein Theil des Embryo-Körpers aufgebaut werde [71]). Das ist aber durchaus nicht der Fall. Vielmehr bleibt der Nahrungsdotter in allen Fällen, auch wenn er noch so gross wird, ein todter Vorrath von Nahrungsmaterial, der während der Keimung in den entstehenden Darm aufgenommen und

Nunmehr folgt der wichtige Vorgang der **Einstülpung**, welcher zur Gastrulabildung führt. In Folge einer weiteren Vermehrung und Verschiebung oder Wanderung der Blastulazellen wachsen nämlich die verdickten Ränder der Zellenscheibe, welche auf dem Nahrungsdotter aufliegen, **centripetal** nach innen gegen die Mitte der Furchungshöhle (Fig. 23) und kommen hier schliesslich zur Vereinigung. Die ganze Zellenmasse bildet jetzt ein kleines flaches Säckchen, das oben auf dem Nahrungsdotter aufliegt. Die Höhle dieses Säckchens (oder die Furchungshöhle) verschwindet aber rasch, indem sich die untere Wand desselben überall eng an die obere anlegt (Fig. 24). Damit ist die Gastrulabildung unseres Fisches vollendet.

Zum Unterschiede von den beiden früher betrachteten Hauptformen der Gastrula nennen wir diese dritte Hauptform die **Scheiben-Gastrula** (*Discogastrula*, Fig. 43). In der That bildet die Zellenmasse, welche dieselbe zusammensetzt, eine kreisrunde, dünne Scheibe. Diese Scheibe liegt mit ihrer inneren ausgehöhlten Fläche unmittelbar der gewölbten Oberfläche des Nahrungsdotters (*n*) auf. Dagegen ist ihre äussere Oberfläche convex vorgewölbt, wie bei einem Schilde. Legen wir durch die Mitte der Gastrula (in einer Meridian-Ebene des kugeligen Eies) einen senkrechten Durchschnitt, so finden wir, dass dieselbe aus mehreren Zellenschichten (und zwar in diesem Falle vier) zusammengesetzt ist (Taf. III, Fig. 24). Unmittelbar auf dem Nahrungsdotter liegt eine einzige Schicht von grösseren Zellen (Fig. 24 *i*), welche sich durch ein weicheres, trüberes, grobkörniges Protoplasma auszeichnen und mit Carmin dunkelroth färben. Diese bilden das Darmblatt oder **Entoderm**, entstanden durch Hereinwachsen der Scheibenränder (eingestülpte Keimschicht). Die drei äusseren, darüber liegenden Schichten hingegen bilden das Hautblatt oder Exoderm (Fig. 24 *e*). Sie bestehen aus kleineren Zellen, welche sich in Carmin nur schwach färben; ihr Protoplasma ist fester, klarer,

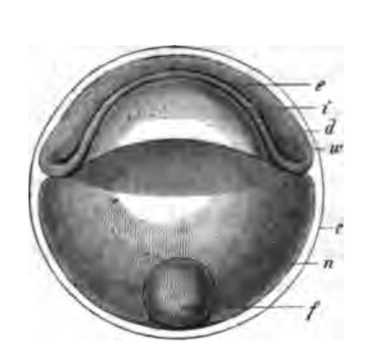


Fig. 43.

Fig. 43. Scheiben-Gastrula (*Discogastrula*) eines Knochenfisches. *e* Exoderm. *i* Entoderm. *w* Randwulst oder Urmundrand. *n* Eiweisskugel des Nahrungsdotters. *f* Fettkugel desselben. *c* Aeussere Eihülle (Chorion). *d* Grenze zwischen Entoderm und Exoderm (früher Furchungshöhle).

feinkörniger. An dem verdickten Rande der Gastrula, dem Urmundrande (Randwulste oder Properistoma) gehen Entoderm und Exoderm ohne scharfe Gränze in einander über (Fig. 43 *w*).

Offenbar sind die wichtigsten Eigenthümlichkeiten, welche diese Scheibengastrula vor den früher betrachteten beiden Hauptformen der Gastrula auszeichnen, durch den grossen Nahrungsdotter bedingt. Dieser nimmt an der Furchung gar keinen Antheil und füllt von Anfang an die Urdarmhöhle der Gastrula vollständig aus, indem er zugleich aus deren Mundöffnung weit hervorragt. Stellen wir uns vor, die ursprüngliche Glocken-Gastrula (Fig. 23—29) wolle einen kugeligen Nahrungsballen verschlucken, der viel grösser ist, als sie selbst, so wird sie sich beim Versuche dazu in derselben Weise scheibenförmig auf letzterem ausbreiten, wie es hier der Fall ist (Fig. 43). Wir können also die Scheibengastrula unmittelbar (oder durch die Zwischenstufe der Hauben-Gastrula hindurch) von der ursprünglichen Glocken-Gastrula ableiten. Sie ist phylogenetisch dadurch entstanden, dass sich an einem Pole des Eies ein Vorrath von Nahrungsmaterial ansammelte und so ein »Nahrungsdotter« im Gegensatze zum »Bildungsdotter« ausbildete. Trotzdem entsteht aber auch hier, wie in den früheren Fällen, die Gastrula durch Einstülpung oder Invagination der Blastula. Wir können demnach auch diese cenogenetische Form der scheibenförmigen Furchung (*Segmentatio discoidalis*) wiederum auf die palingenetische Form der ursprünglichen Furchung zurückführen.

Während diese Zurückführung bei dem kleinen Ei unseres pelagischen Knochenfisches noch ziemlich leicht und sicher ist, so erscheint sie dagegen sehr schwierig und unsicher bei den grossen Eiern, welche wir bei der Mehrzahl der übrigen Fische, sowie bei sämmtlichen Reptilien und Vögeln finden. Hier ist nämlich der Nahrungsdotter erstens ganz unverhältnissmässig gross, ja sogar colossal, so dass dagegen der Bildungsdotter fast verschwindet; und zweitens enthält der Nahrungsdotter eine Masse von verschiedenen geformten Bestandtheilen, welche als »Dotterkörner, Dotterkugeln, Dotterplättchen, Dotterschollen, Dotterblasen« u. s. w. bekannt sind. Oft hat man diese geformten Dotter-Elemente sogar geradezu für echte Zellen erklärt, und ganz irrthümlich behauptet, dass aus diesen Zellen ein Theil des Embryo-Körpers aufgebaut werde[71]. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Vielmehr bleibt der Nahrungsdotter in allen Fällen, auch wenn er noch so gross wird, ein todter Vorrath von Nahrungsmaterial, der während der Keimung in den entstehenden Darm aufgenommen und

von dem Embryo verzehrt wird. Der letztere entwickelt sich bloss aus dem lebendigen Bildungsdotter, aus der Stammzelle. Das gilt ganz ebenso von unseren kleinen Knochenfisch-Eiern, wie von den colossalen Eiern der Urfische, Reptilien und Vögel.

Das Vogel-Ei ist für uns von ganz besonderer Bedeutung, weil die meisten und wichtigsten Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere sich auf Beobachtungen am bebrüteten Hühner-Ei gründen. Das Ei der Säugethiere ist viel schwieriger zu erlangen und zu untersuchen, und aus diesen praktischen, nebensächlichen Gründen viel seltener genau verfolgt. Hingegen können wir das Hühner-Ei jederzeit in beliebiger Menge erhalten und durch künstliche Bebrütung desselben Schritt für Schritt jedes Stadium der Veränderungen verfolgen, welche der daraus hervorgehende Embryo im Laufe seiner Entwickelung erleidet. Das Vogel-Ei unterscheidet sich von dem kleinen Säugethier-Ei wesentlich durch seine sehr bedeutende Grösse, indem sich innerhalb des ursprünglichen Dotters oder des Protoplasma der Eizelle eine sehr bedeutende Masse von fettreichem Nahrungsdotter ansammelt. Das ist die gelbe Kugel, welche wir täglich als »Eidotter« verzehren. Um zu einem richtigen Verständniss des Vogel-Eies zu gelangen, welches vielfach ganz falsch gedeutet worden ist, müssen wir dasselbe in seinen allerjüngsten Zuständen aufsuchen und von Anfang seiner Entwickelung an im Eierstock des Vogels verfolgen. Da sehen wir denn, dass das ursprüngliche Vogel-Ei eine ganz kleine und nackte, einfache Zelle mit Kern ist, weder in der Grösse noch in der Form von der ursprünglichen Eizelle der Säugethiere und anderer Thiere verschieden. (Vergl. Fig. 10 *E*, S. 109). Wie bei allen Schädelthieren wird die ursprüngliche Eizelle oder das Ur-Ei (*Protovum*) von einer zusammenhängenden Schicht kleinerer Zellen ringsum bedeckt, wie von einem Epithel. Diese Epithel-Hülle ist der sogenannte Graaf'sche Follikel, aus welchem die Eizelle später austritt. Unmittelbar darunter wird vom Eidotter die structurlose Dotterhaut ausgeschieden.

Sehr frühzeitig nun beginnt das kleine Ur-Ei des Vogels eine Masse von Nahrungsstoff durch die Dotterhaut hindurch in sich aufzunehmen und zu dem sogenannten »gelben Dotter« (dem Eigelb oder Dottergelb) zu verarbeiten. Dadurch verwandelt sich das Ur-Ei in das Nach-Ei (*Metovum*), welches vielmals grösser ist, als das Ur-Ei, aber dennoch nur eine einzige, colossal vergrösserte Zelle darstellt[72]. Durch die Ansammlung der mächtigen gelben Dottermasse im Inneren der Protoplasma-Kugel wird der darin enthaltene Kern (das »Keim-

bläschen«) ganz an die Oberfläche der Dotterkugel gedrängt. Hier ist derselbe von einer geringen Menge Protoplasma umgeben und bildet mit diesem zusammen den linsenförmigen »Bildungsdotter« (Fig. 44 *b*). Dieser erscheint aussen auf der gelben Dotterkugel, an einer Stelle der Oberfläche, als ein kleines kreisrundes weisses Fleckchen, der sogenannte »Hahnentritt« oder die Narbe. Von dieser Narbe aus geht ein fadenförmiger Strang von weissem Nahrungsdotter (*d*), der keine gelben Dotterkörner enthält und weicher als der gelbe Nahrungsdotter ist, radial bis in die Mitte der gelben Dotterkugel hinein und bildet hier eine kleine centrale Kugel von Dotterweiss (Fig. 44, *d'*). Diese ganze weisse Dottermasse ist aber nicht scharf von dem gelben Dotter getrennt, der auf erhärteten Eiern eine schwache Andeutung von concentrischer Schichtung zeigt (Fig. 44 *c*). Wie an diesem kugeligen gelben Vogel-Ei im Eierstock, so findet man auch an dem gelegten Hühner-Ei, wenn man die Eischale öffnet und den Dotter herausnimmt, an dessen Oberfläche eine kreisrunde kleine weisse Scheibe, die der Narbe oder dem Hahnentritt entspricht. Jetzt ist diese kleine weisse »Keimscheibe« aber schon weit entwickelt, und Nichts Anderes, als die Gastrula des Hühnchens. Aus ihr allein entsteht der Körper des letzteren. Die ganze gelbe und weisse Dottermasse ist völlig bedeutungslos für die Gestaltbildung des entstehenden Hühnchens, indem dieselbe nur als Nahrungsstoff von dem sich entwickelnden Embryo verbraucht, als Proviant verzehrt wird. Die klare, zähflüssige voluminöse Eiweissmasse, welche den gelben Dotter des Vogel-Eies umgiebt, und ebenso die feste Kalkschale des letzteren, werden erst innerhalb des Eileiters um das bereits befruchtete Vogel-Ei herumgebildet.

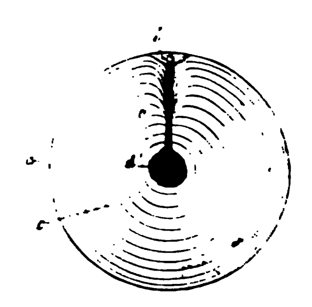


Fig. 44.

Nachdem die Befruchtung des Vogel-Eies innerhalb des mütterlichen Körpers erfolgt ist, wird wahrscheinlich auch hier zunächst das

---

Fig. 44. Eine reife Eizelle aus dem Eierstock des Huhnes (im Durchschnitt). Der gelbe Nahrungsdotter ist aus concentrischen Schichten (*c*) zusammengesetzt und von einer dünnen Dotterhaut (*a*) umhüllt. Der Zellenkern oder das Keimbläschen bildet mit dem Protoplasma der Eizelle zusammen den »Bildungsdotter« (*b*) oder die »Narbe«. Von da setzt sich der weisse Dotter (hier schwarz) bis in die Dotterhöhle fort (*d'*). Doch sind beide Dotter-Arten nicht scharf geschieden.

Keimbläschen verschwinden und durch Neubildung eines Kernes die »Stammzelle oder Cytula« entstehen. Diese linsenförmige Stammzelle unterliegt nun ganz ebenso wie bei unserem Fisch-Ei (Taf. III, Fig. 18—24) einer scheibenförmigen Furchung (*Segmentatio discoidalis*, Fig. 45). Zunächst entstehen aus der Stammzelle zwei

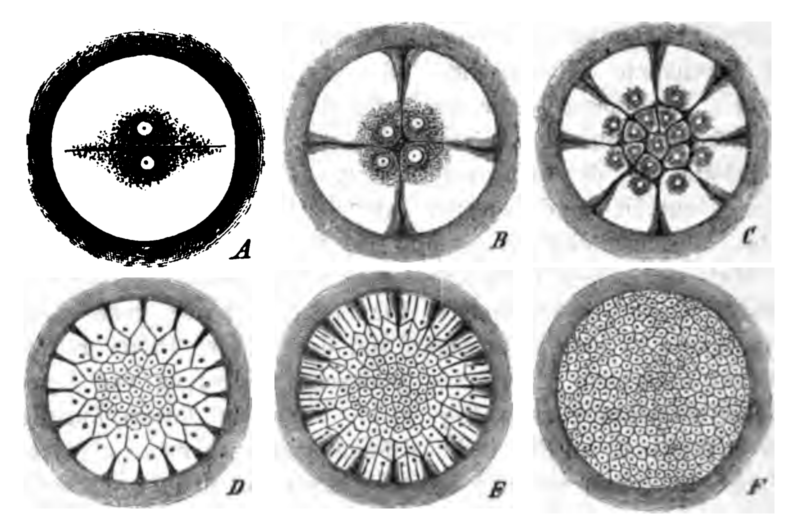


Fig. 45.

gleiche Furchungszellen (*A*). Diese zerfallen in vier (*B*), darauf in acht, sechzehn (*C*), 32, 64 u. s. w. Immer geht der Zellentheilung auch hier die Theilung des Kernes voraus. Die Trennungsflächen zwischen den Furchungszellen erscheinen an der freien Oberfläche der »Narbe« als »Furchen«. Die beiden ersten Furchen stehen senkrecht auf einander, im Kreuz (*B*). Darauf entstehen zwei neue Furchen,

---

Fig. 45. Discoidale Furchung des Vogel-Eies (**schematisch, ungefähr 10mal vergrössert**). Nur der Bildungsdotter (der Hahnentritt oder **die Narbe**) **ist an** diesen 6 Figuren (*A*—*F*) dargestellt, weil an ihm allein sich die Furchung **vollzieht**. **Der** viel grössere Nahrungsdotter, welcher bei der Furchung sich **nicht betheiligt**, **ist** weggelassen und nur durch den äusseren dunkeln Ring angedeutet. *A* Durch **die erste** Furche zerfällt die Stammzelle in zwei Zellen. *B* Diese beiden ersten **»Furchungsstücke«** zerfallen durch eine zweite (auf der ersten senkrechte) Furche in vier Zellen. *C* **Aus** diesen vier »Furchungsstücken« sind 16 Zellen geworden, indem **zwischen den beiden** ersten Kreuzfurchen zwei andere radiale Furchen entstanden sind und indem die inneren Enden dieser 8strahligen Segmente durch eine centrale Ringfurche **abgeschnitten** sind. *D* Ein Stadium mit 16 peripherischen Radialfurchen und etwa 4 concentrischen **Ringfurchen**. *E* Ein Stadium mit 64 peripherischen Radialfurchen und etwa 6 Ringfurchen. *F* Durch fortgesetzte Bildung von Strahlfurchen und Ringfurchen ist die **ganze Narbe in** einen Haufen kleiner Zellen zerfallen und bildet nunmehr den linsenförmigen **Maulbeerkeim** (Morula). Immer geht der Furchenbildung die Theilung der Kerne **vorher**.

welche die ersteren unter Winkeln von 45° schneiden. Die Narbe, die so zur »Keimscheibe« wird, bildet jetzt einen achtstrahligen Stern. Indem nun um die Mitte eine Ringfurche entsteht, werden aus 8 dreieckigen Furchungszellen 16, von denen 8 in der Mitte, 8 ringsherum liegen (*C*). Weiterhin wechseln neue Ringfurchen und strahlige, gegen den Mittelpunkt gerichtete Furchen mehr oder minder unregelmässig mit einander ab (*D, E*). Das Endresultat des Furchungs-Processes ist auch hier die Bildung einer grossen Menge kleiner Zellen von gleicher Beschaffenheit[73]). Auch hier setzen diese Furchungszellen eine kreisrunde linsenförmige Scheibe zusammen, welche dem Maulbeerkeim entspricht und in eine kleine Vertiefung des weissen Dotters eingebettet ist (Fig. 46 im senkrechten Durchschnitt). Nur ist diese Morula hier beim Hühner-Ei dünner und flacher als bei unserem Knochenfisch-Ei (Taf. III, Fig. 21).

Ganz ebenso wie bei diesem letzteren entsteht nun auch beim Hühner-Ei eine cenogenetische Keimhautblase oder *Blastula* (Fig. 47). Indem sich die Furchungszellen der Morula vermehren und verschieben, entsteht wiederum eine uhrglasförmige Scheibe mit verdicktem Rande (*w*), und zwischen dieser »Keimhaut« (*Blastoderma*, Fig. 47 *b*) und dem Nahrungsdotter bildet sich eine Furchungshöhle (*s*). Darauf schlägt sich der verdickte Randwulst nach innen um und eine einfache Schicht grosser, trüber Zellen wächst vom Rande aus centripetal gegen die Mitte der Furchungshöhle hin (Fig. 48). Indem diese in der Mitte zusammenkommen, entsteht das Darmblatt oder *Entoderma* (Fig. 48 *i*). Dieses legt sich unmittelbar an die Decke der Furchungshöhle an, deren Zellen nunmehr das Hautblatt oder *Exoderma* bilden (Fig. 49 *i*). Damit ist die Gastrula des Hühnchens fertig: eine flach ausgebreitete, scheibenförmige Gastrula (*Discogastrula*) wie bei unserem Knochenfisch (Taf. III, Fig. 24). Während aber bei letzterem der Nahrungsdotter unmittelbar dem Entoderm anliegt und die ganze Urdarmhöhle erfüllt, bleibt bei der Scheiben-Gastrula des Hühnchens zwischen beiden eine flache »Keimhöhle« übrig, ein Theil der Urdarmhöhle (Fig. 49 *d*), welcher nicht mit der Furchungshöhle (Fig. 47 *s*, 48 *s*) zu verwechseln ist. Letztere liegt zwischen Nahrungsdotter und Blastoderm, erstere zwischen Nahrungsdotter und Entoderm. Indem die Urdarmhöhle an die Stelle der Furchungshöhle tritt und zugleich das Entoderm sich innig an das Exoderm anlegt, wird die Einstülpung oder »Invagination« der Gastrula vollendet.

Die Keimscheibe (*Blastodiscus*), welche beim frisch gelegten

und noch nicht bebrüteten Hühner-Ei an der Stelle der Narbe oder Cicatricula liegt, ist bereits eine solche fertige Scheiben-Gastrula (*Discogastrula*, Fig. 49). (Sie erscheint dem blossen Auge deutlich

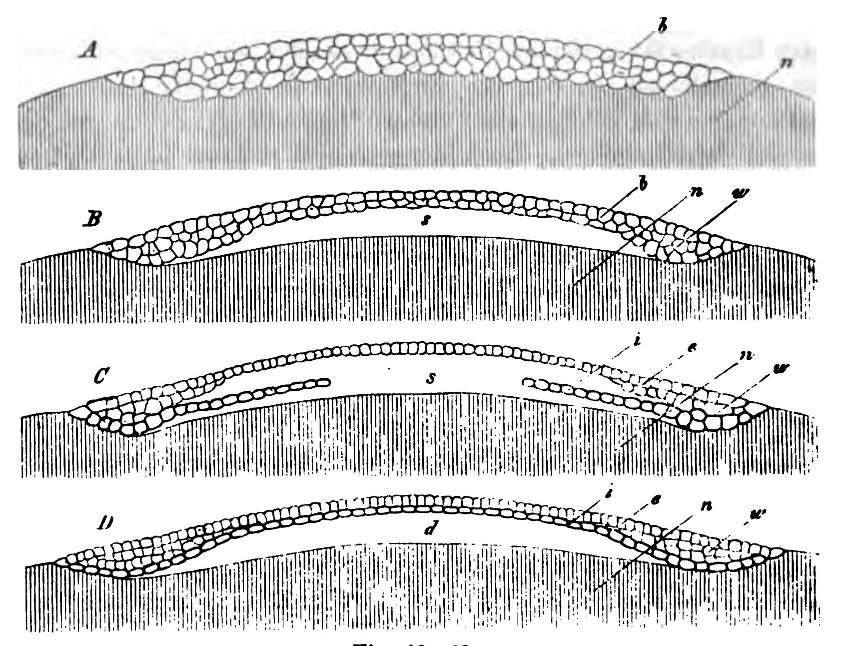


Fig. 46—49.

als ein kleiner kreisrunder weisser Fleck von 4—5 Millimeter Durchmesser, in der Mitte der oberen Fläche der gelben Dotterkugel. Sie ist von der letzteren durch die »Urdarmhöhle« getrennt und liegt nur mit ihrem verdickten Kreisrande auf. Man kann sie vollständig abheben. Auf dem senkrechten Durchschnitt unterscheidet man deutlich die beiden primären Keimblätter: eine obere oder äussere Schicht von kleineren helleren Zellen: Hautblatt (*Exoderma*,

---

Fig. 46—49. Gastrula-Bildung des Hühner-Eies. Alle vier Figuren stellen senkrechte, halbschematische Durchschnitte durch die Mitte der dünnen kreisrunden Narbe oder Keimscheibe dar. Vom Nahrungsdotter (*n*) ist nur der zunächst anliegende Theil (senkrecht schraffirt) dargestellt.

Fig. 46. (*A*) Maulbeerkeim (*Morula*). *b* Furchungszellen.

Fig. 47. (*B*) Keimhautblase (*Blastula*). *s* Furchungshöhle. *b* Blastoderm-Zellen. *w* Randwulst oder verdickter Rand der Keimhautscheibe.

Fig. 48. (*C*) Keimhautblase in Einstülpung (*Blastula invaginata*). *e* Exoderm. *i* Entoderm. *n* Nahrungsdotter. *w* Randwulst. *s* Furchungszellen.

Fig. 49. (*D*) Gastrula (*Discogastrula*) des Hühnchens. *d* Urdarmhöhle.

Fig. 49 *e*) und eine untere oder innere Schicht von grösseren dunkleren Zellen: Darmblatt (*Entoderma*, Fig. 49 *i*)[74].

Um unsere Uebersicht über die wichtigen Vorgänge der Eifurchung und Gastrulation zu vervollständigen, wollen wir nur schliesslich noch einen flüchtigen Blick auf die vierte Hauptform derselben werfen, auf die oberflächliche Furchung (*Segmentatio superficialis*, Taf. III, Fig 25—30). Bei den Wirbelthieren kommt diese Hauptform gar nicht vor. Dagegen spielt sie die grösste Rolle in dem umfangreichen Stamme der Gliederthiere, bei den Insecten, Spinnen, Tausendfüssern und Krebsen. Die daraus hervorgehende eigenthümliche Form der Gastrula ist die Blasengastrula (Taf. III, Fig. 29).

Bei den Eiern, welche dieser oberflächlichen oder superficialen Furchung unterliegen, ist ebenso, wie bei den vorhergehenden Eiern der Vögel, Reptilien, Fische u. s. w. der Bildungsdotter vom Nahrungsdotter scharf getrennt; und nur der erstere unterliegt der Furchung, an welcher der letztere gar keinen Antheil nimmt. Während aber bei den Eiern mit scheibenförmiger Furchung der Bildungsdotter excentrisch, an einem Pole des einaxigen Eies liegt, und der Nahrungsdotter am anderen Pole angehäuft ist, so sehen wir dagegen bei den Eiern mit oberflächlicher Furchung den Bildungsdotter auf der ganzen Oberfläche des Eies ausgebreitet; er umschliesst »blasenförmig« den Nahrungsdotter, welcher central, in der Mitte des Eies abgelagert ist. Da nun die Furchung bloss den ersteren, nicht den letzteren betrifft, so muss dieselbe natürlich ganz »oberflächlich« verlaufen; der Nahrungsvorrath, der in der Mitte angehäuft ist, bleibt davon unberührt. Im Uebrigen verläuft diese oberflächliche Furchung meist ganz regelmässig, wie die ursprüngliche Furchung, in geometrischer Progression. (Taf. III, Fig. 25—30 stellt einige Zustände derselben auf senkrechten Meridianschnitten durch die ellipsoiden Eier eines Krebses, *Peneus*, dar.) Es zerfällt also die Stammzelle oder Cytula (Taf. III, Fig 25) zunächst in zwei gleiche Zellen: aus diesen werden durch wiederholte gleichmässige Theilung vier (Fig. 26), darauf acht, sechzehn, 32 (Fig. 27), 64, 128 u. s. w. Schliesslich zerfällt der ganze Bildungsdotter in zahlreiche, kleine und gleichartige Zellen, welche in einer einzigen Schicht an der gesammten Oberfläche des Eies neben einander liegen und eine oberflächliche Keimhaut bilden (*Blastoderma*, Fig. 28 *b*). Diese Keimhaut ist eine einfache, vollkommen geschlossene Blase, deren innerer Hohlraum vollständig vom Nahrungsdotter ausgefüllt ist. Nur durch die chemische Beschaffenheit ihres Inhalts ist diese wahre »Keimhautblase« oder Bla-

stula (Fig. 28) von derjenigen der primordialen Furchung (Taf. II, Fig. 4) verschieden. Bei letzterer ist der Inhalt Wasser oder eine wasserklare Gallerte; bei ersterer ein dichtes, an Nahrungstoff reiches Gemenge von eiweissartigen und fettartigen Substanzen. Da dieser umfangreiche Nahrungsdotter die Mitte des Eies schon vor Beginn der Furchung erfüllt, so ist hier natürlich kein Unterschied zwischen dem Maulbeerkeim und dem Blasenkeim.

Nachdem die Keimhautblase (Fig. 28) vollkommen ausgebildet ist, erfolgt auch hier die bedeutungsvolle Einstülpung, welche die Gastrulation bedingt (Fig. 29). Es entsteht an einer Stelle der Oberfläche eine kreisrunde, grubenförmige Vertiefung und diese erweitert sich zu einer Höhle: der Urdarmhöhle der Gastrula (Fig. 29*d*); die Stelle der Einstülpung oder Invagination bildet den Urmund der letzteren (*o*). Der eingestülpte Theil der Keimhaut, dessen Zellen sich vergrössern und eine schlanke Cylinder-Gestalt annehmen, bildet das Darmblatt und umschliesst die Höhle des Urdarms. Der oberflächliche, nicht eingestülpte Theil der Keimhaut bildet das Hautblatt; seine Zellen werden durch fortgesetzte Theilung kleiner und mehr abgeplattet. Der Raum zwischen Hautblatt und Darmblatt (oder der Rest der »Furchungshöhle«) bleibt von Nahrungsdotter erfüllt, der nun allmählich aufgezehrt wird. Nur dadurch unterscheidet sich unsere Blasen-Gastrula (*Perigastrula*, Fig. 29) wesentlich von der ursprünglichen Form der Glocken-Gastrula (*Archigastrula*, Fig. 6). Offenbar ist die erstere aus der letzteren im Laufe langer Zeiträume allmählich entstanden, indem sich Nahrungsdotter in der Mitte des Eies ansammelte. [75])

Wir dürfen es als einen Fortschritt von weitreichender Bedeutung betrachten, dass wir so im Stande gewesen sind, alle die zahlreichen und mannichfaltigen Erscheinungen in der Keimung der verschiedenen Thiere auf diese vier Hauptformen der Eifurchung und Gastrulabildung zurückzuführen. Von diesen vier Hauptformen aber konnten wir eine einzige als die ursprüngliche, palingenetische, die drei anderen hingegen als cenogenetische, davon abgeleitete Formen erklären. Sowohl die ungleichmässige, als auch die scheibenförmige und oberflächliche Furchung sind offenbar erst in Folge secundärer Anpassung aus der primären, ursprünglichen Furchung entstanden; und als wichtigster Grund für ihre Entstehung ist die allmählige Ausbildung eines Nahrungsdotters zu betrachten, sowie der immer frühzeitiger sich ausbildende Gegensatz zwischen animaler und vegetativer Eihälfte, zwischen Hautblatt und Darmblatt. Mit Bezug auf die übliche

Unterscheidung der totalen und partiellen Eifurchung stellt sich das Verhältniss der vier Furchungsformen zu einander folgendermaassen:

I. Palingenetische Furchung.	1. Ursprüngliche Furchung (Glocken-Gastrula).	A. Totale Furchung (ohne selbstständigen Nahrungsdotter).
II. Cenogenetische (durch Anpassung abgeänderte) Furchung.	2. Ungleichmässige Furchung (Hauben-Gastrula).	
	3. Scheibenartige Furchung (Scheiben-Gastrula).	B. Partielle Furchung (mit selbstständigem Nahrungsdotter).
	4. Oberflächliche Furchung (Blasen-Gastrula).	

Die niedersten Darmthiere, welche wir kennen, nämlich die niederen Pflanzenthiere (Spongien, einfachste Polypen u. s. w.) bleiben zeitlebens auf einer Bildungsstufe stehen, welche von der Gastrula nur sehr wenig verschieden ist; ihr ganzer Körper ist nur aus zwei Zellenschichten oder Blättern zusammengesetzt. Diese Thatsache ist von ausserordentlicher Bedeutung. Denn wir sehen, dass der Mensch, und überhaupt jedes Wirbelthier, rasch vorübergehend ein zweiblätteriges Bildungsstadium durchläuft, welches bei jenen niedersten Pflanzenthieren zeitlebens erhalten bleibt. Wenn wir hier wieder unser biogenetisches Grundgesetz anwenden, so gelangen wir sofort zu folgendem hochwichtigen Schlusse: »Der Mensch und alle anderen Thiere, welche in ihrer ersten individuellen Entwickelungs-Periode eine zweiblätterige Bildungsstufe oder eine Gastrula-Form durchlaufen, müssen von einer uralten einfachen Stammform abstammen, deren ganzer Körper zeitlebens (wie bei den niedersten Pflanzenthieren noch heute) nur aus zwei verschiedenen Zellenschichten oder Keimblättern bestanden hat.« Wir wollen diese bedeutungsvolle uralte Stammform, auf welche wir später ausführlich zurückkommen müssen, vorläufig Gastraea (d. h. Urdarmthier) nennen.[24]

Nach dieser Gastraea-Theorie ist ein Organ bei allen Thieren ursprünglich von derselben morphologischen und physiologischen Bedeutung: der Urdarm; und ebenso müssen auch die beiden primären Keimblätter, welche die Wand des Urdarms bilden, überall als gleichbedeutend oder »homolog« angesehen werden. Diese wichtige »Homologie der beiden primären Keimblätter« wird einerseits dadurch bewiesen, dass überall die Gastrula ursprünglich auf dieselbe Weise entsteht, nämlich durch Einstülpung der Blastula; und anderseits dadurch, dass überall dieselben fundamentalen

Organe aus den beiden Keimblättern hervorgehen. Ueberall bildet das äussere oder animale Keimblatt, das Hautblatt oder Exoderm: die äussere Leibeswand mit den wichtigsten Organen des animalen Lebens: die Hautdecke, Nervensystem, Sinnesorgane u. s. w. Hingegen entstehen aus dem inneren oder vegetativen Keimblatt, aus dem Darmblatt oder Entoderm: die innere Darmwand mit den wichtigsten Organen des vegetativen Lebens: die Organe der Ernährung, Verdauung, Blutbildung u. s. w.

Bei denjenigen niederen Pflanzenthieren, deren ganzer Körper zeitlebens auf der zweiblättrigen Bildungsstufe stehen bleibt, vor allen bei den Schwämmen oder Spongien, bleiben auch diese beiden Functions-Gruppen, animale und vegetative Leistungen, scharf auf die beiden einfachen primären Keimblätter vertheilt. Zeitlebens behält hier das äussere oder animale Keimblatt die einfache Bedeutung einer umhüllenden Decke (einer Oberhaut) und vollzieht zugleich die Bewegungen und Empfindungen des Körpers. Hingegen die innere Zellenschicht oder das vegetative Keimblatt behält zeitlebens die einfache Bedeutung des Darmepitheliums, einer ernährenden Darmzellenschicht, und scheint ausserdem nur noch die Fortpflanzungszellen zu bilden. [40]

Bei allen übrigen Thieren, und namentlich bei allen Wirbelthieren, erscheint die Gastrula nur als ein rasch vorüber gehender Keim-Zustand. Hier verwandelt sich vielmehr bald das zweiblättrige Stadium der Keimanlage zunächst in ein dreiblättriges und dann in ein vierblättriges Stadium. Mit dem Zustandekommen von vier übereinander liegenden Keimblättern haben wir dann vorläufig wieder einen festen und sichern Standpunkt gewonnen, von welchem aus wir die weiteren, viel schwierigeren und verwickelteren Vorgänge der Ausbildung beurtheilen und verfolgen können. Durch die zuverlässigen Untersuchungen zahlreicher Forscher, welche sich über die Ontogenese der verschiedensten höheren Thiere erstrecken, ist gegenwärtig die hochwichtige Thatsache festgestellt, dass hier überall in einem gewissen Stadium der Keim aus vier secundären Keimblättern zusammengesetzt ist. Insbesondere gilt das vom Menschen ganz ebenso wie von allen übrigen Wirbelthieren. Zwischen dem zweiblättrigen und dem vierblättrigen Stadium liegt sehr häufig ein dreiblättriges Stadium in der Mitte. [76]

So sicher dieses Resultat ist, dass anfangs zwei, später vier Blätter vorhanden sind, so schwierig ist die Erkenntniss, wie diese vier secundären Blätter aus den zwei primären Blättern entstanden

sind. In dieser Beziehung lauten die Angaben der zahlreichen Beobachter, welche sich damit beschäftigt haben, so entgegengesetzt, dass es unmöglich ist, aus ihrer Zusammenstellung die Wahrheit zu erkennen. Nur darüber ist von vorn herein kein Zweifel, dass diese vier Blätter einzig und allein aus den beiden ursprünglichen Keimblättern entstanden sind, und nicht etwa theilweise von diesen unabhängig, »von aussen hineingewandert«, wie REICHERT, HIS und andere unklare Beobachter behauptet haben.[71] Dagegen gilt die Frage augenblicklich noch nicht für entschieden, ob die beiden mittleren Blätter gemeinsam aus einem der beiden primären (aus dem äusseren oder dem inneren) entspringen, oder ob vielleicht das eine der beiden mittleren Blätter aus dem oberen, das andere aus dem unteren primären Keimblatte abzuleiten ist.

Ich will zunächst die Bedeutung der zwei mittleren Blätter kurz erwähnen, damit Sie wissen, welche Schlüsse sich daran für die allgemeine Entwickelungsgeschichte knüpfen. Wir werden diese beiden mittleren Blätter als zweites und drittes bezeichnen müssen, wenn wir von aussen nach innen durchgehend die vier secundären Keimblätter numeriren. Aus dem zweiten Keimblatte (oder dem äusseren Mittelblatte), welches man Hautmuskelblatt oder Hautfaserblatt nennt, entsteht die Lederhaut, die Muskulatur oder das Fleisch des Rumpfes, die Muskeln, welche Körper und Extremitäten bewegen, sowie das innere Skelet oder Knochengerüst des Körpers. Aus dem dritten Keimblatte (oder dem inneren Mittelblatte), welches man Darmmuskelblatt oder Darmfaserblatt nennt, entstehen die Muskeln und Faserhäute, welche zunächst das innere Zellenrohr des Darms und seine Drüsen umgeben, und welche die Verdauungsbewegungungen des Schlundes, der Speiseröhre, des Magens und der verschiedenen übrigen Abschnitte des Darmcanals vermitteln; ferner entstehen daraus das Herz und die wichtigsten Blutgefässe. Die beiden Mittelblätter liefern also vorzugsweise diejenigen Zellenschichten, welche zur Bildung von faserigen Häuten und von Fleisch oder Muskeln verwendet werden. Die Zellen des zweiten Blattes verwandeln sich in das Fleisch und das Knochengerüste des Rumpfes; die Zellen des dritten Blattes in die Muskeln und die Faserhäute des Darmcanales. Beide Mittelblätter oder Faserblätter werden daher auch als Muskel- oder Fleischblätter bezeichnet: das äussere als Hautmuskelblatt, weil es dem ersten secundären Blatte, dem Hautsinnesblatte, anliegt; das innere als Darmmuskelblatt, weil es dem vierten secundären Blatte, dem Darmdrüsenblatte anliegt (Fig. 50).

Der erste Naturforscher, der die vier secundären Keimblätter der höheren Thiere erkannte und scharf unterschied, war BAER. Allerdings wurde er über ihren Ursprung und ihre weitere Bedeutung nicht vollständig klar, und deutete im Einzelnen ihre

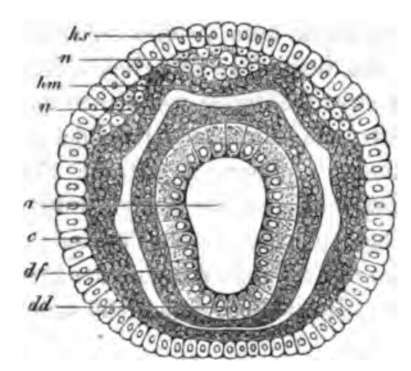


Fig. 50.

Fig. 51.

verschiedene Verwendung nicht ganz richtig. Aber im Grossen und Ganzen entging ihm ihre hohe Bedeutung nicht, und er sprach bereits diejenige Ansicht über die Entstehung der beiden Mittelblätter aus, welche ich noch heute (den meisten anderen Autoren entgegen) für die richtige halte. Er leitet nämlich jedes Mittelblatt einzeln von einem primären Keimblatt (durch Abspaltung) ab, und sagt: Das äussere oder animale Keimblatt zerfällt in zwei Schichten: eine Hautschicht und eine Fleischschicht; ebenso zerfällt das innere oder vegetative Keimblatt in zwei Schichten: eine Gefässschicht und eine Schleimschicht. Verglichen mit den neueren, jetzt üblichen Benennungen stellt sich diese Ansicht BAER's, die ich bezüglich des phylogenetischen Ursprungs der Mittelblätter für die richtige halte, in folgendem Schema dar:

A. Die zwei primären Keimblätter.	B. Die vier secundären Keimblätter.
I. Aeusseres oder animales Keimblatt (Hautblatt oder Exoderm).	1. Hautsinnesblatt (Hautschicht, BAER). 2. Hautfaserblatt (Fleischschicht, BAER).
II. Inneres oder vegetatives Keimblatt (Darmblatt oder Entoderm).	3. Darmfaserblatt (Gefässschicht, BAER). 4. Darmdrüsenblatt (Schleimschicht, BAER).

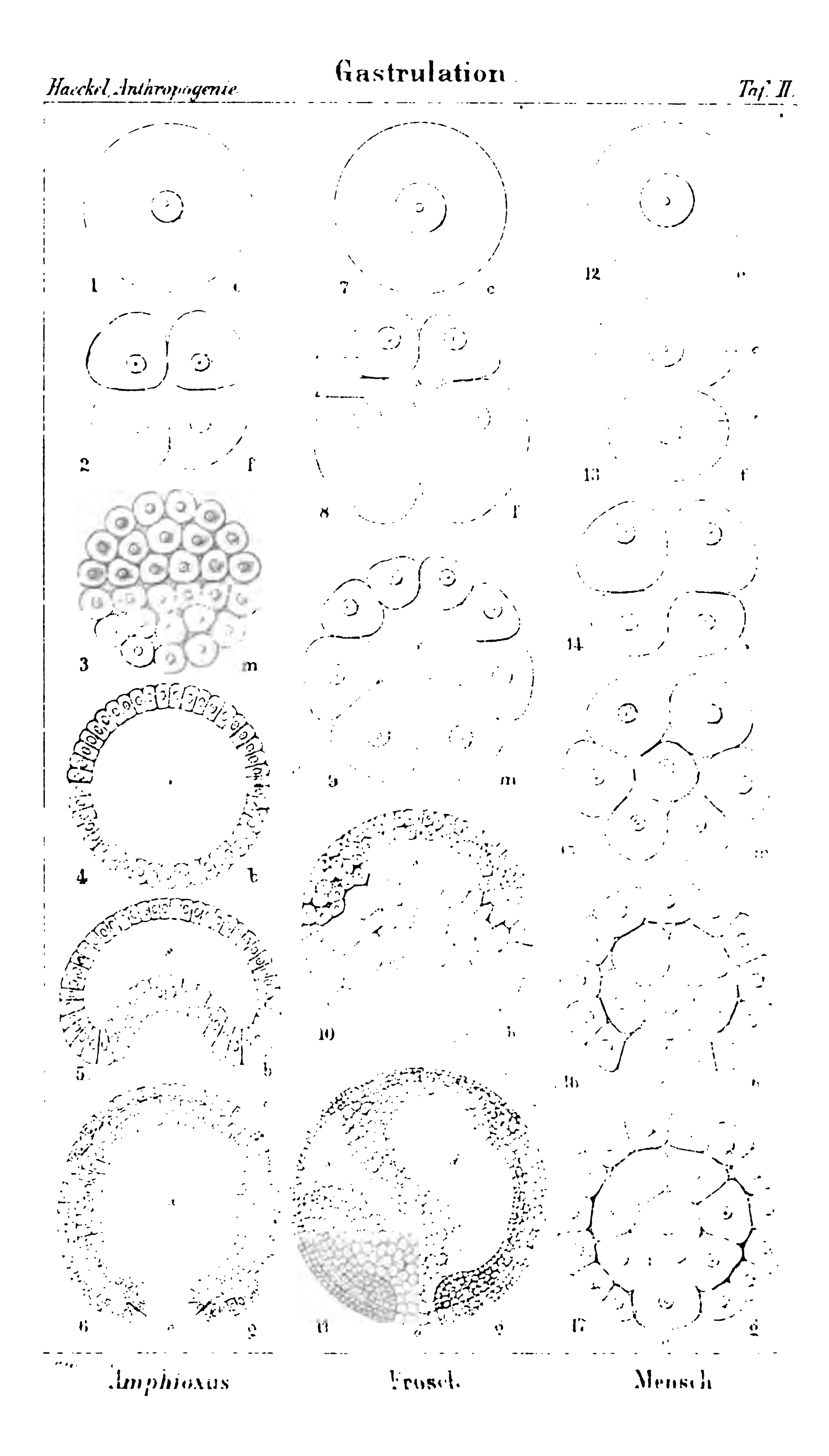
Fig. 50. Querschnitt durch den Embryo eines Regenwurmes. *hs* Hautsinnesblatt. *hm* Hautfaserblatt. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *a* Darmhöhle. *c* Leibeshöhle oder Coelom. *n* Nervenknoten. *u* Urnieren.

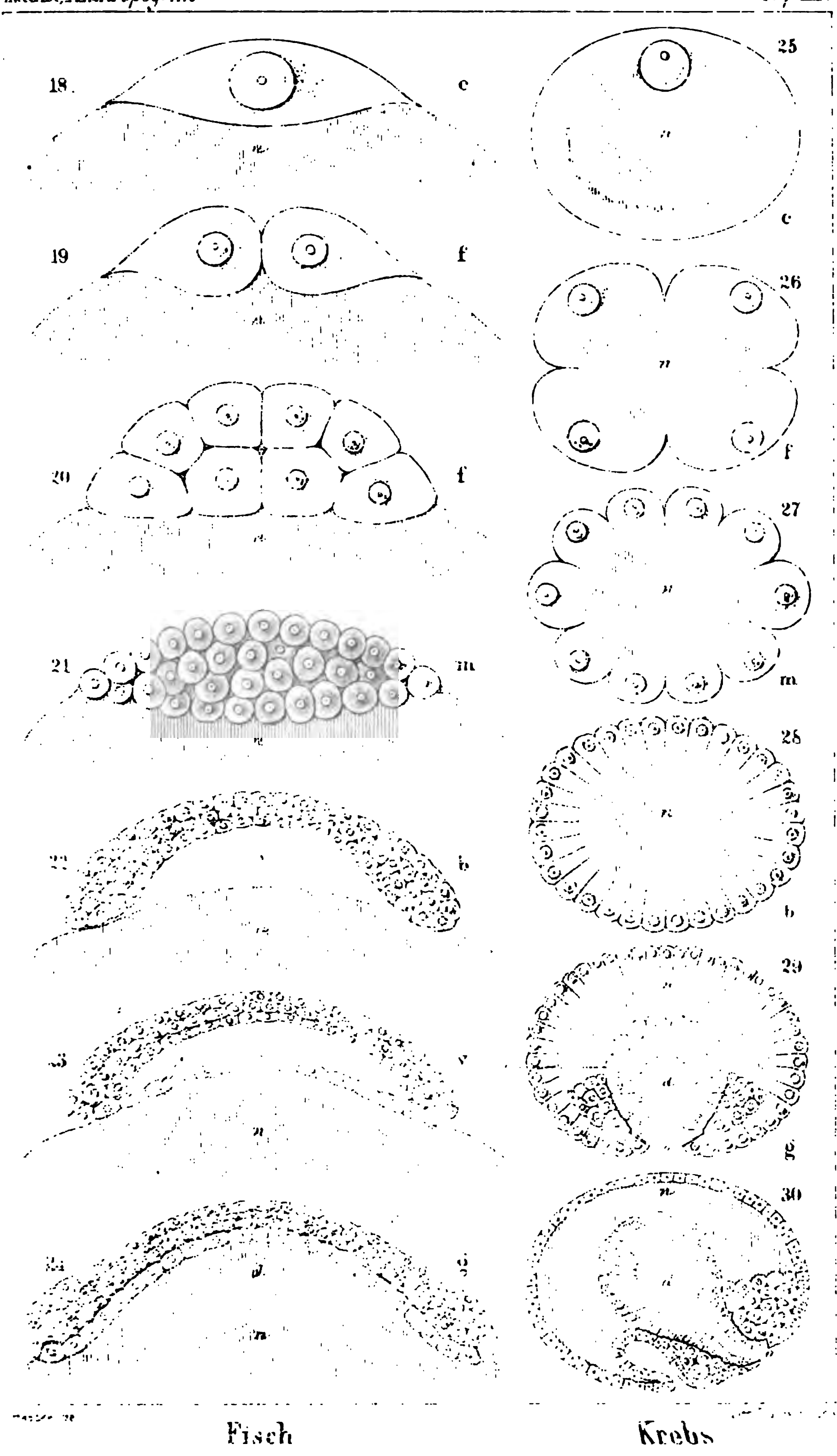
Fig. 51. Querschnitt durch die Larve des Amphioxus (nach KOWALEVSKY). Buchstaben wie in Fig. 50.

Viele neuere Untersuchungen von KOWALEVSKY, RAY-LANKESTER, VAN BENEDEN und Anderen haben diese »Vierblätter-Theorie« von BAER bestätigt. So lässt sich namentlich beim Regenwurm (Fig. 50), beim Amphioxus (Fig. 51) und bei manchen anderen Thieren deutlich nachweisen, dass jedes der beiden primären Keimblätter in zwei secundäre Keimblätter zerfällt: das Hautblatt oder Aussenblatt spaltet sich in Hautsinnesblatt (*hs*) und Hautfaserblatt (*hm*); ebenso zerfällt das Darmblatt oder Innenblatt in Darmfaserblatt (*df*) und Darmdrüsenblatt (*dd*). Zwischen beiden Faserblättern bildet sich die Leibeshöhle oder das Coelom (*c*).

Abweichend von dieser Anschauung nehmen die meisten neueren Beobachter an, dass die beiden Mittelblätter aus der Flächenspaltung eines einzigen mittleren Keimblattes hervorgehen (*Mesoderma*). Hiernach soll zunächst zwischen beiden primären Keimblättern ein drittes Blatt entstehen, und durch secundäre Spaltung soll dieses mittlere Keimblatt abermals der Fläche nach in zwei Blätter zerfallen. Allein der eine Theil der Beobachter leitet dieses dritte Blatt mit derselben Bestimmtheit vom unteren, wie der andere Theil vom oberen primären Keimblatte ab. Gerade dieser verdächtige Umstand, sowie viele andere (namentlich vergleichend-anatomische) Gründe leiten uns auf die Vermuthung, die ich für die wahrscheinlichste halte, dass Keiner von Beiden Recht hat, und dass vielmehr das äussere Mittelblatt vom animalen, das innere Mittelblatt vom vegetativen Keimblatte abstammt. Allerdings werden wir nachher sehen, dass bei den Wirbelthieren gewöhnlich zuerst nur ein einfaches mittleres Blatt (REMAK's motorisch-germinatives Keimblatt) zwischen den beiden primären Keimblättern auftritt, und dass durch dessen Spaltung erst secundär die beiden verschiedenen Mittelblätter (Hautfaserblatt und Darmfaserblatt) entstehen. Es bestehen aber wichtige Gründe für die Annahme, dass dieser Vorgang auf gefälschter Vererbung beruht. Das einfache mittlere Keimblatt der Wirbelthiere ist höchst wahrscheinlich erst secundär durch Verwachsung von zwei primär getrennten Mittelblättern entstanden, und die Spaltung des ersten in die beiden letzteren ist demnach als ein tertiärer Vorgang aufzufassen. Dieses Verhältniss wird durch umstehende Zusammenstellung klar (S. 192).

Sei dem nun, wie ihm wolle, wir haben jetzt jedenfalls den wichtigen festen Punkt der Entwickelungsgeschichte erreicht, wo der ganze Körper des Wirbelthieres (gleich dem der meisten höheren Thiere) eine Röhre darstellt, deren Wand aus vier übereinander liegenden


Haeckel, Anthropogenie.
Gastrulation
Taf. II.
1
7
12
2
8
13
3
9
14
4
10
5
11
16
6
17
Amphioxus
Frosch.
Mensch


18.
e
19
f
20
f
21
m
b
g
25
e
26
f
27
m
28
b
29
g
30
Fisch
Krebs

gründen suchen. Die vergleichende Anatomie ist hierdurch in die innigste Verbindung mit der Systematik der organischen Körper getreten, die von anderer Seite her dasselbe Ziel sich stellt:

Wenn wir nun fragen, welche Stellung der Mensch unter den übrigen Organismen nach den neuesten Errungenschaften der vergleichenden Anatomie und Systematik einnimmt, wie sich die Stellung des Menschen im Systeme der Thiere durch Vergleichung der entwickelten Körperformen gestaltet, so erhalten wir darauf eine ganz bestimmte und bedeutungsvolle Antwort; und diese Antwort giebt uns für das Verständniss der embryonalen Entwickelung und für ihre phylogenetische Deutung ausserordentlich wichtige Aufschlüsse. Seit CUVIER und BAER, seit den gewaltigen Fortschritten, welche durch diese beiden grossen Zoologen in den ersten Decennien unseres Jahrhunderts herbeigeführt wurden, ist die Ansicht zu allgemeiner Geltung gelangt, dass das ganze Thierreich in eine geringe Anzahl von grossen Hauptabtheilungen oder Typen zerfällt. Typen nennt man sie, weil ein gewisser typischer oder charakteristischer Körperbau innerhalb jeder dieser Abtheilungen sich constant erhält. Neuerdings, nachdem wir auf diese berühmte Typenlehre die Descendenz-Theorie angewendet haben, sind wir zur Erkenntniss gelangt, dass alle Thiere eines Typus in dem Verhältnisse unmittelbarer Blutsverwandtschaft zu einander stehen und von je einer gemeinsamen Stammform abgeleitet werden können. CUVIER und BAER nahmen vier solche Typen an: durch neuere Untersuchungen ist die Zahl derselben auf sieben gestiegen. Diese sieben Typen oder Phylen des Thierreiches sind: 1) die Urthiere (Protozoa); 2) die Pflanzenthiere (Zoophyta); 3) die Wurmthiere (Vermes); 4) die Weichthiere (Mollusca); 5) die Sternthiere (Echinoderma); 6) die Gliederthiere (Arthropoda) und 7) die Wirbelthiere (Vertebrata).

Es dürfte nun zweckmässig sein, Sie hier gleich mitten in das genealogische Verhältniss dieser sieben Typen zu einander hineinzuführen, wie sich dasselbe phylogenetisch nach meiner persönlichen Ueberzeugung gestaltet. Ich will Ihnen zu diesem Zwecke in gedrungener Kürze die Grundzüge meiner Gastraea-Theorie[24]) mittheilen, auf welche ich den monophyletischen Stammbaum des Thierreichs begründe, und welche nach meiner Ueberzeugung an die Stelle der jetzt noch herrschenden Typen-Theorie treten muss. Nach dieser Gastraea-Theorie, welche ich 1872 in der Monographie der Kalkschwämme (Bd. I, S. 465, 467) aufgestellt habe, besitzen die sieben Typen oder Phylen des Thierreiches eine gänzlich verschiedene

Bedeutung und einen völlig ungleichen Werth. Typen im Sinne von BAER und CUVIER sind eigentlich nur die vier höheren Phylen (Wirbelthiere, Gliederthiere, Weichthiere, Sternthiere), und selbst diese nur in beschränktem Sinne, nicht in der ursprünglichen Auffassung ihrer Urheber. Hingegen ist der niederste Typus, der der Urthiere, eigentlich gar kein »Typus«, sondern die Gesammtheit aller einfachsten Thiere; aus einem Zweige der Urthiere hat sich die gemeinsame Stammform der sechs höheren Thierstämme, die Gastraea entwickelt. Die beiden übrigen Typen, Pflanzenthiere und Würmer, stehen zwischen den Urthieren und den vier höheren Typen in der Mitte. Sie sind weder so indifferent und untypisch, wie die Urthiere, noch so typisch organisirt und charakteristisch ausgebildet, wie die vier höheren Stämme.

Die Begründung dieser Gastraea-Theorie liegt darin, dass wir die beiden primären Keimblätter bei den sechs höheren Thierstämmen überall als die gemeinsame Grundlage der Körperbildung nachgewiesen haben. Damit ist aber zugleich dargethan, dass ein einziges ursprüngliches Organ bei allen diesen Thieren gleichbedeutend oder homolog ist: das ist der Urdarm (Protogaster), d. h. die ursprüngliche Darmhöhle oder Magenhöhle in ihrer allereinfachsten Gestalt. Bei der Gastraea selbst und bei den heute noch lebenden Gastraeaden (Haliphysema, Gastrophysema) besteht der ganze eiförmige oder länglich runde Körper nur aus dieser einfachen, an einem Pole der Axe geöffneten Höhle (Urdarm nebst Urmund) und aus den beiden primären Keimblättern, welche dieselbe in ihrer einfachsten ursprünglichen Gestalt umschliessen (Entoderm und Exoderm). Bei den sämmtlichen Urthieren oder Protozoen aber giebt es überhaupt noch keine Keimblätter und also auch keinen Urdarm. Hier bildet der ganze Körper entweder nur eine einfachste Cytode, ein formloses Urschleimstückchen (wie bei den Moneren), oder eine ganz einfache Zelle (wie bei den Amoeben und Gregarinen), oder eine Colonie von einfachen Cytoden oder Zellen (wie bei der Mehrzahl der Urthiere). Aber im letzteren Falle sind die Zellen der Zellgemeinde entweder ganz gleichartig oder nur schwach differenzirt, niemals in wahre Keimblätter gesondert. Niemals kommt daher bei den Protozoen ein wahrer Darm vor. Die Infusionsthierchen, welche die höchste Stufe physiologischer Vollkommenheit unter den Urthieren erreichen, besitzen allerdings scheinbar einen Darm mit Mund und After. Da aber ihr ganzer Körper (trotz der bedeutenden Sonderung seiner einzelnen Theile) nur den Formenwerth einer einfachen Zelle beibe-

hält, können wir diesen physiologischen Nahrungscanal und seine Oeffnungen nicht mit dem wahren vielzelligen Darm der übrigen Thiere vergleichen, der morphologisch durch seine Keimblätter-Hülle charakterisirt ist[83].

Demnach müssen wir das ganze Thierreich zunächst in zwei grosse Hauptabtheilungen zerlegen; einerseits die Urthiere (*Protozoa*): ohne Urdarm, ohne Keimblätter, ohne Eifurchung, ohne differenzirte vielzellige Gewebe; anderseits die Darmthiere (*Metazoa*): mit Urdarm, mit zwei primären Keimblättern, mit Eifurchung, mit differenzirten vielzelligen Geweben. Die Darmthiere oder Metazoen, worunter wir die sechs höheren Thierstämme begreifen, stammen sämmtlich von der Gastraea ab, deren einmalige Existenz noch heute mit Sicherheit durch die Gastrula bewiesen wird. Diese Gastrula oder Darmlarve, welche in der merkwürdigsten Identität in der individuellen Entwickelungsgeschichte der verschiedensten Thierstämme wiederkehrt, ist von der grössten Bedeutung. Ebenso das niederste Wirbelthier entwickelt sich aus dieser Gastrula, wie die niederen Formen der Würmer, Weichthiere, Sternthiere, Pflanzenthiere u. s. w. (Vergl. Taf. II, III, und Fig. 22—29, S. 156, 159). Die Gastrula giebt uns noch heute ein getreues Abbild der uralten Gastraea, die sich in laurentischer Vorzeit aus den Urthieren entwickelt haben muss.

Die vergleichende Anatomie und Ontogenie lehrt uns weiter, dass zunächst aus dieser Gastraea zwei verschiedene Richtungen oder Linien des Thierreiches sich entwickelt haben. Nach der einen Richtung hin ging daraus die niedere Gruppe der Pflanzenthiere (*Zoophyta*) hervor, wozu die Schwämme, Polypen, Corallen, Medusen und viele andere Seethiere gehören; von Süsswasserthieren die bekannte Hydra, der Süsswasserpolyp, und die Spongilla, der Süsswasserschwamm. Nach der anderen Richtung entwickelte sich aus der Gastraea der sehr wichtige Stamm der Würmer (*Vermes*), in dem engeren Sinne, in welchem die heutige zoologische Systematik diesen Stamm umschreibt. Früher hatte man (z. B. in dem bekannten Linné'schen Systeme) alle niederen Thiere: Infusorien, Würmer, Weichthiere, Pflanzenthiere, Sternthiere u. s. w. unter dem Namen Würmer zusammengefasst, während man jetzt in viel engerer Beziehung diesen Namen nur auf die eigentlichen Würmer beschränkt. Dahin gehören z. B. der Regenwurm, der Blutegel, die Ascidie, ferner die verschiedenen schmarotzenden Würmer: Bandwürmer, Spulwürmer, Trichinen u. s. w. So verschieden alle diese Würmer auch im

ausgebildeten Zustande erscheinen, so lassen sie sich doch alle von der Gastraea ableiten. (Vergl. die XVIII. Tabelle im XVII. Vortrag).

In dem gestaltenreichen Astwerk des vielverzweigten Würmerstammes müssen wir nun auch die ursprünglichen Stammformen für die vier höheren Thierstämme suchen. In der That lehrt die vergleichende Anatomie und Ontogenie dieser letzteren, dass sie alle aus vier verschiedenen Zweigen des Würmerstammes ihren Ursprung genommen haben. Das Phylum der Würmer ist die gemeinsame Stammgruppe der vier höheren Thierstämme. Diese letzteren sind: Erstens die Sternthiere oder Echinodermen (Seesterne, Seeigel, Seelilien, Seegurken); zweitens die wichtige Abtheilung der Arthropoden oder Gliederthiere (Krebse, Spinnen, Tausendfüsse, Insecten); drittens die Weichthiere oder Mollusken (Tascheln, Muscheln, Schnecken und Kracken) und endlich viertens der höchst entwickelte Thierstamm der Wirbelthiere oder Vertebraten, zu dem auch der Mensch gehört.

Das sind die Grundzüge des einheitlichen oder monophyletischen Stammbaumes des Thierreiches, wie sie sich nach der Gastraea-Theorie bei dem gegenwärtigen Zustande unserer zoologischen Systematik und unserer embryologischen Kenntnisse gestalten. Wenn die von uns behauptete ursprüngliche Gleichheit oder Homologie des Urdarms und der beiden ihn umschliessenden primären Keimblätter bei allen Darmthieren richtig ist, so dürfte diese phylogenetische Classification des Thierreiches wohl an die Stelle des bisherigen, auf die Typen-Theorie gegründeten Systems der Thiere treten. Sie sehen demnach, dass die sieben Typen des letzteren eine gänzlich verschiedene Bedeutung haben. Von diesen sieben Typen oder Phylen bleibt 1) derjenige der Urthiere auf der tiefsten Stufe stehen; aus ihm entspringt 2) die Gastraea, die sich in den beiden Linien der Pflanzenthiere und der Würmer fortsetzt; und aus den Würmern entwickeln sich 3) die vier höheren Thierstämme; die letzteren sind vier divergirende Linien, die nur unten an der Wurzel einen gemeinsamen Zusammenhang unter den niedersten Würmern haben, sonst aber unter sich nicht zu vergleichen sind.

Betrachten wir nun speciell die Stellung des Menschen im System der Thiere, so ist es niemals einen Augenblick zweifelhaft gewesen, dass der Mensch seinem ganzen Körperbau nach ein echtes Wirbelthier ist, und in der charakteristischen Lagerung und Zusammensetzung seiner Organe alle diejenigen Eigenthümlichkeiten besitzt, welche nur diesem Thierstamm allein zukommen, allen an-

deren Thieren hingegen fehlen. Eine Verwandtschaft der Wirbelthiere mit den drei anderen höheren Thierstämmen existirt entweder gar nicht, oder nur in der gemeinsamen Descendenz von den Würmern und von der Gastraea; dagegen existirt wohl eine sehr sicher zu begründende Verwandtschaft der Wirbelthiere mit einzelnen Würmerformen. Ich kann schon jetzt den Satz aussprechen, den wir später zu beweisen haben, dass der Stamm der Wirbelthiere sich als Ganzes aus dem Stamm der Würmer entwickelt hat. Hingegen stammen die Wirbelthiere keinesfalls von den Gliederthieren, oder von den Weichthieren, oder von den Sternthieren ab. Für unsere ganze folgende Betrachtung, für die Ontogenie wie für die Phylogenie, fällt also jetzt der bei weitem grössere Theil des Thierreiches gänzlich weg. Mit diesem haben wir gar nichts mehr zu thun. Diejenigen vier Stämme, die uns allein interessiren, sind die Urthiere, die Pflanzenthiere, die Würmer und die Wirbelthiere.

Diejenigen Leute, welche in der Herkunft des Menschen aus dem Thierreiche einen mehr oder weniger erniedrigenden Vorwurf erblicken wollen und sich dessen schämen, können nun in sofern beruhigt sein, als der grösste Theil des Thierreiches in keinem Verwandtschaftsverhältniss zu ihnen steht. Mit der ganzen grossen Abtheilung der Gliederthiere hat der Stamm der Wirbelthiere namentlich gar nichts zu thun; zu den Gliederthieren gehören aber ausser den Krebsen auch die Spinnen und Insekten, und die einzige Klasse der Insecten umfasst annähernd ebenso viel, wenn nicht mehr verschiedene Arten als alle übrigen Thierklassen zusammengenommen besitzen. Allerdings fällt damit auch leider die Verwandtschaft hinweg, die wir mit den Termiten, Ameisen, Bienen und anderen vortrefflichen Gliederthieren besitzen könnten. Unter diesen Insecten befinden sich bekanntlich zahlreiche Tugendspiegel, welche schon die Fabeldichter des classischen Alterthums stets als Musterbilder für den Menschen hingestellt haben. In den staatlichen und socialen Einrichtungen der Ameisen namentlich begegnen wir hochentwickelten Institutionen, an denen wir uns noch heutzutage ein erbauliches Muster nehmen können. Zu unserer Verwandtschaft gehören diese vernünftigen und hochcivilisirten Thiere aber leider nicht.

Als unsere nächste Aufgabe müssen wir es nun hier betrachten, die Wirbelthier-Natur des Menschen näher zu begründen, und die besondere systematische Stellung zu bestimmen, welche der Mensch im Wirbelthierstamme einnimmt. Zugleich ist es hier durchaus erforderlich, die wesentlichsten Thatsachen über den eigenthüm-

lichen Bau des Wirbelthierkörpers vorauszuschicken, weil wir uns sonst gar nicht auf dem schwierigen Wege der Ontogenese zurechtfinden würden. Die Entwickelung selbst der einfachsten und niedrigsten Wirbelthiere aus jener einfachen Gastrula ist immerhin ein so verwickelter und schwer zu verfolgender Vorgang, dass man nothwendig die Grundzüge der Organisation des ausgebildeten Wirbelthieres bereits kennen muss, um den Gang seiner Entwickelung zu begreifen. Eben so wichtig ist es aber auch, dass wir uns bei dieser übersichtlichen anatomischen Charakteristik des Wirbelthierorganismus nur an die wesentlichen Thatsachen halten, und alle unwesentlichen bei Seite lassen. Wenn ich Ihnen demnach jetzt zunächst eine ideale anatomische Darstellung von der Grundgestalt des Wirbelthieres und seiner inneren Organisation entwerfe, so lasse ich alle untergeordneten Eigenschaften bei Seite und beschränke mich nur auf die wichtigsten Verhältnisse.

Allerdings wird Ihnen da wahrscheinlich Vieles als sehr wesentlich erscheinen, was im Lichte der vergleichenden Anatomie und Entwickelungsgeschichte nur von untergeordneter, secundärer Bedeutung, oder selbst ganz unwesentlich ist. Unwesentlich in diesem Sinne ist z. B. der Kopf mit dem Schädel und Gehirn; unwesentlich sind ferner die Extremitäten oder Gliedmaassen. Freilich besitzen diese Körpertheile eine sehr hohe physiologische Bedeutung: ja sogar die höchste! Aber für den morphologischen Begriff des Wirbelthieres sind sie deshalb unwesentlich, weil sie nur den höheren Wirbelthieren zukommen, den niederen aber fehlen. Die niedersten Wirbelthiere haben weder einen deutlich abgesetzten Kopf mit Gehirn und Schädel, noch besitzen sie Extremitäten oder Gliedmaassen. Auch der menschliche Embryo durchläuft ein Stadium, in welchem er ebenfalls noch keinen Kopf, kein Gehirn, keinen Schädel besitzt, in welchem der Rumpf noch vollständig einfach, noch nicht in Kopf, Hals, Brust und Unterleib gegliedert ist, in welchem von Gliedmaassen, von Armen und Beinen noch keine Spur vorhanden ist. In diesem Stadium der Entwickelung gleicht der Mensch und jedes andere höhere Wirbelthier wesentlich derjenigen einfachsten Vertebraten-Form, welche nur noch ein einziges, gegenwärtig lebendes Wirbelthier zeitlebens bewahrt. Dieses einzige niederste Wirbelthier, das die allergrösste Beachtung verdient, und das nächst dem Menschen unzweifelhaft das interessanteste aller Wirbelthiere genannt werden muss, ist das berühmte Lanzetthierchen oder der Amphioxus (Taf. X und XI). Da wir dasselbe später (im XIII. und XIV. Vor-

trag) genau untersuchen werden, will ich hier nur ein paar vorläufige Bemerkungen darüber vorausschicken.

Der Amphioxus lebt im Sande des Meeres vergraben, erreicht eine Länge von 5—7 Centimeter und hat in vollkommen ausgebildetem Zustande die Gestalt eines ganz einfachen länglich-lanzetförmigen Blattes. Desshalb wurde er Lanzetthierchen genannt. Der schmale Körper ist von beiden Seiten zusammengedrückt, nach vorn und hinten gleichmässig zugespitzt, ohne jede Spur von äusseren Anhängen, ohne Gliederung des Körpers in Kopf, Hals, Brust, Unterleib u. s. w. Seine ganze Gestalt ist so einfach, dass sein erster Entdecker es für eine nackte Schnecke erklärte. Erst viel später (etwa vor vierzig Jahren) wurde das merkwürdige kleine Wesen genauer untersucht und nun stellte sich heraus, dass dasselbe ein wahres Wirbelthier ist. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass dasselbe die grösste Bedeutung für die vergleichende Anatomie, Embryologie und Phylogenie des Menschen besitzt. Denn der Amphioxus verräth uns das wichtige Geheimniss des Ursprungs der Wirbelthiere aus den Würmern, und schliesst sich in seiner Entwickelung und seinem Körperbau unmittelbar an gewisse niedere Würmer, an die Ascidien an.

Wenn wir nun durch den Körper dieses Amphioxus mehrere Schnitte legen, erstens senkrechte Längsschnitte durch den ganzen Körper in der Richtung von vorn nach hinten und zweitens senkrechte Querschnitte durch denselben von rechts nach links, so bekommen wir anatomische Bilder, die für uns sehr lehrreich sind. (Vergl. Taf. X und XI). Sie entprechen nämlich im Wesentlichen dem Ideale, welches wir uns durch Abstraction mit Hülfe der vergleichenden Anatomie und Ontogenie von dem Urtypus oder dem Urbilde des Wirbelthieres überhaupt entwerfen können; von der längst ausgestorbenen Stammform, welcher der ganze Stamm seinen Ursprung verdankt. Wir brauchen an den realen Durchschnitten des Amphioxus nur geringe und unwesentliche Aenderungen vorzunehmen, um zu einem solchen idealen anatomischen Bilde oder Schema von der Urform des Wirbelthieres zu gelangen, wie uns Fig. 52—56 zeigt. Der Amphioxus weicht so wenig von dieser Urform ab, dass wir ihn geradezu als ein »Urwirbelthier« bezeichnen können. (Vergl. Taf. X und XI mit Fig. 52—56).

Auf dem Längsschnitte durch das Urbild des Wirbelthieres zeigt sich in der Mitte des Körpers ein dünner, aber fester Stab von cylindrischer Gestalt, welcher vorn und hinten zugespitzt endet (Fig. 52 *x*). Derselbe geht der ganzen Länge nach mitten durch den Körper hin-

durch und stellt die ursprüngliche Grundlage des Rückgrates oder der Wirbelsäule dar. Das ist der **Axenstab** oder Rückenstrang, die

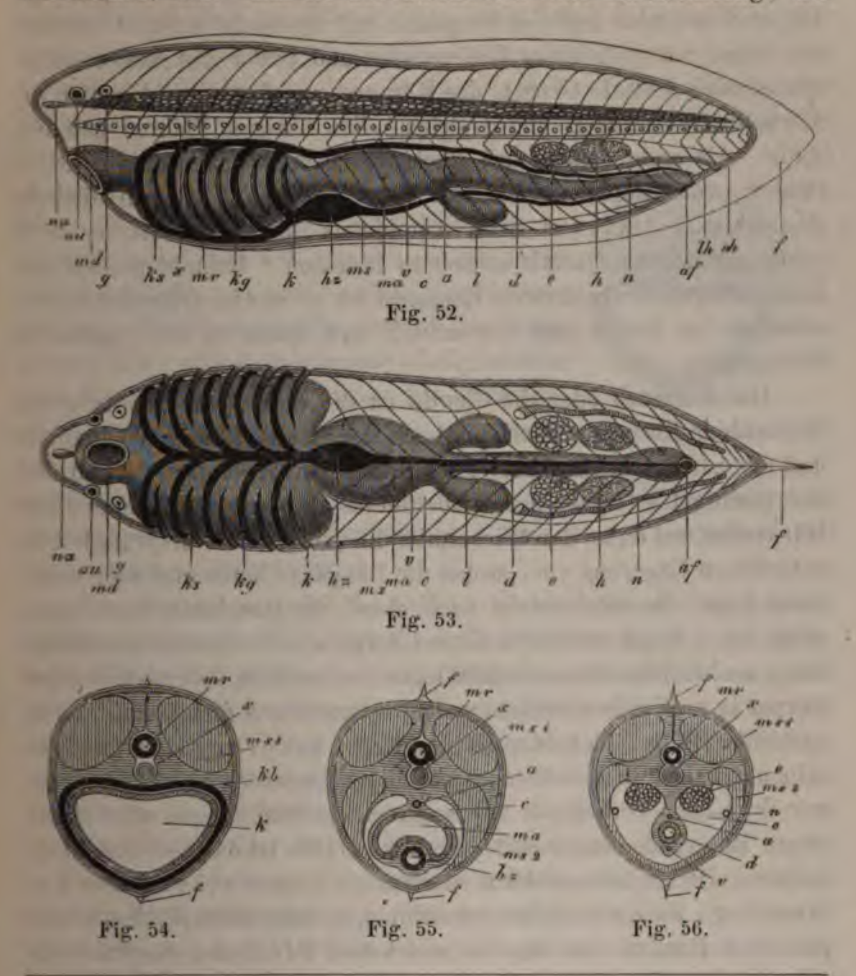


Fig. 52.

Fig. 53.

Fig. 54. Fig. 55. Fig. 56.

Fig. 52. **Das ideale Urbild des Wirbelthieres** von der linken Seite gesehen. *mr* Markrohr. *x* Chorda. *na* Nase. *au* Auge. *g* Gehörbläschen. *md* Mund. *k* Kiemenkorb. *ks* Kiemenspalten. *kg* Kiemengefässbogen. *ma* Magen. *l* Leber. *d* Dünndarm. *af* After. *v* Darmvene. *hz* Herz. *a* Körperarterie. *n* Urnieren-Canal. *e* Eierstock. *h* Hoden. *c* Leibeshöhle. *ms* Muskeln. *lh* Lederhaut. *oh* Oberhaut. *f* Flossensaum der Haut.

Fig. 53. **Das ideale Urbild des Wirbelthieres**, von der Bauchseite gesehen.

Fig. 54. **Querschnitt durch das ideale Urwirbelthier** im Vordertheil (durch den Kiemenkorb, bei *kg*, Fig. 53).

Fig. 55. **Querschnitt durch das ideale Urwirbelthier** im Mitteltheil (durch die Herzgegend, bei *hz*, Fig. 53).

Fig. 56. **Querschnitt durch das ideale Urwirbelthier** im Hintertheil (durch den Eierstock, bei *e*, Fig. 53). Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe.

Chorda dorsalis oder *Chorda vertebralis*, auch Wirbelstrang, Axenstrang, Wirbelsaite, Rückensaite, oder kurzweg *Chorda* genannt. Dieser feste, aber zugleich biegsame und elastische Axenstab besteht aus einer knorpelartigen Zellenmasse und bildet das innere Axen-Skelet oder centrale Gerüste des Körpers, welches ausschliesslich die Wirbelthiere besitzen und welches allen übrigen Thieren gänzlich fehlt. Als erste Anlage des Rückgrats besitzt er bei allen Wirbelthieren, vom Amphioxus bis zum Menschen hinauf, überall dieselbe Bedeutung. Aber nur beim Amphioxus bleibt der Axenstab in seiner einfachsten Gestalt zeitlebens bestehen. Beim Menschen und allen höheren Wirbelthieren hingegen ist er nur im frühesten Keimzustande zu finden und verwandelt sich später in die gegliederte Wirbelsäule.

Der Axenstab oder die Chorda ist die reale feste Hauptaxe des Wirbelthier-Körpers, welche zugleich der idealen Längsaxe entspricht und uns zur Orientirung über die allgemeinen Lagerungs-Verhältnisse der wichtigsten Organe des Wirbelthieres als feste Richtschnur dient. Wir stellen uns dabei den Wirbelthier-Körper in seiner ursprünglichen, natürlichen Lagerung vor, wobei die Längsaxe horizontal oder wagerecht liegt, die Rückenseite nach oben, die Bauchseite nach unten (Fig. 52). Wenn wir durch diese Längsaxe in ihrer ganzen Länge einen senkrechten Durschschnitt legen, so zerfällt dadurch der ganze Körper in zwei Seitenhälften, welche symmetrisch gleich sind: rechte und linke Hälfte. In beiden Hälften liegen ursprünglich ganz dieselben Organe, in derselben gegenseitigen Lagerung und Verbindung: nur ihr Lagen-Verhältniss zur senkrechten Schnittebene oder Mittelebene ist gerade umgekehrt; die linke Hälfte ist das Spiegelbild der rechten. Beide Seitenhälften nennen wir Gegenstücke oder Antimeren. Eine senkrechte Schnittlinie, welche beide Hälften trennt. geht vom Rücken zum Bauche und heisst Pfeilaxe (Sagittal-Axe) oder Rücken-Bauch-Axe (Dorsoventral-Axe). Wenn wir hingegen durch die Chorda einen horizontalen Längsschnitt legen, so zerfällt dadurch der ganze Körper in eine dorsale oder Rückenhälfte, und in eine ventrale oder Bauchhälfte. Diejenige Schnittlinie, welche quer durch den Körper hindurch von der rechten zur linken Seite geht, ist die Queraxe oder Lateral-Axe. (Vergl. Taf. IV und V.)[84]

Die beiden Körperhälften des Wirbelthieres, welche durch diese horizontale Queraxe getrennt werden, haben eine ganz verschiedene Bedeutung. Die Rückenhälfte ist vorzugsweise der animale Theil des Körpers und enthält den grössten Theil der sogenannten

animalen Organe, des Nerven-Systems, Muskel-Systems, Knochen-Systems u. s. w. Die Bauchhälfte hingegen ist wesentlich der vegetative Theil des Körpers und enthält den grössten Theil der vegetativen Organe des Wirbelthieres: das Ernährungs-System, das Geschlechts-System u. s. w. Demnach sind an der Bildung der Rückenhälfte vorzugsweise die beiden äusseren, dagegen an der Bildung der Bauchhälfte vorzugsweise die beiden inneren secundären Keimblätter betheiligt. Jede der beiden Hälften entwickelt sich in Gestalt eines Rohres und umschliesst eine Höhlung, in welcher ein anderes Rohr eingeschlossen ist. Die Rückenhälfte enthält die enge, oberhalb der Chorda gelegene Rückgrathöhle oder Wirbel-Höhle, in welcher das röhrenförmige Centralnerven-System, das Centralmark oder Markrohr liegt. Die Bauchhälfte hingegen enthält die viel geräumigere unterhalb der Chorda gelegene Eingeweidehöhle oder Leibeshöhle, in welcher der Darmcanal mit allen seinen Anhängen liegt.

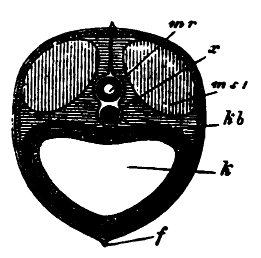


Fig. 57.

Das Markrohr oder Medullar-Rohr, wie man das centrale Nerven-System der Wirbelthiere oder das Seelen-Organ in seiner ursprünglichen Anlage nennt, besteht beim Menschen und bei allen höheren Wirbelthieren aus zwei sehr verschiedenen Theilen: dem umfangreichen Gehirn, welches im Kopfe innerhalb des Schädels liegt, und dem langgestreckten Rückenmark, welches sich von da aus über den ganzen Rücken hinweg erstreckt (Taf. V, Fig. 16 *m*). Aber bei unserem Urwirbelthier ist von dieser Zusammensetzung noch Nichts zu bemerken. Vielmehr erscheint dieses hochwichtige Seelen-Organ, welches die Empfindung, den Willen und das Denken der Wirbelthiere bewirkt, hier in höchst einfacher Gestalt. Dasselbe bildet ein langes cylindrisches Rohr, welches unmittelbar über dem Axenstrang durch die Längsaxe des Körpers verläuft und einen engen, mit Flüssigkeit erfüllten Central-Canal umschliesst, (Fig. 52—57 *mr*). In dieser einfachsten Gestalt, welche das Markrohr bei allen älteren und niederen Wirbelthieren besass, finden wir dasselbe beim Amphioxus noch heute zeitlebens vor (Taf. XI, Fig. 15 *m*). Umschlossen ist dasselbe von einer häutigen Röhre, die aus der nächsten Umgebung

Fig. 57. Querschnitt durch das ideale Urwirbelthier, im Vordertheil. *mr* Markrohr. *x* Chorda. ms_1 Rückenmuskeln. *kb* Kiemengefäss. *k* Kiemendarm.

des Axenstabes (aus der sogenannten »Chorda-Scheide«) hervorgeht und in der sich später bei den höheren Wirbelthieren die knöchernen »Wirbelbogen« entwickeln.

Von Sinnesorganen besass die Stammform der Wirbelthiere wahrscheinlich bereits eine unpaare Geruchsgrube als einfachste Nasenanlage (Fig. 52, 53 *na*), ein paar Augen (*au*) und ein paar Gehörbläschen (*g*) von einfachster Beschaffenheit. Beim Amphioxus fehlen diese Sinnesorgane zum Theil, wahrscheinlich in Folge von späterer Rückbildung. (Vergl. den XIII. Vortrag.)

Beiderseits des Markrohres und des darunter gelegenen Axenstabes erblicken wir bei allen Wirbelthieren die mächtigen Fleischmassen, welche die Muskulatur des Rumpfes zusammensetzen, und die Bewegungen desselben vermitteln. Obwohl dieselben bei den entwickelten Wirbelthieren ausserordentlich mannichfaltig gesondert und zusammengesetzt sind (entsprechend den vielen differenzirten Theilen des Knochengerüstes), so können wir doch bei unserem idealen Urwirbelthiere nur zwei Paar solcher Hauptmuskeln unterscheiden, welche parallel der Chorda durch die gesammte Länge des Körpers hindurchgehen. Das sind die oberen (dorsalen) und unteren (ventralen) Seitenrumpfmuskeln. Die oberen (dorsalen) Seitenrumpfmuskeln oder die ursprünglichen Rückenmuskeln (Fig. 58 ms_1) bilden die dicke Fleischmasse des Rückens. Die unteren (ventralen) Seitenrumpfmuskeln oder die ursprünglichen Bauchmuskeln bilden dagegen die fleischige Bauchwand (Fig. 58 ms_2).

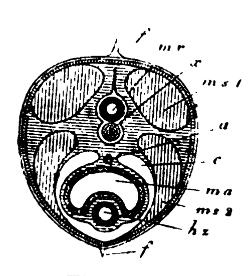


Fig. 58.

Nach aussen von diesem Fleischrohr finden wir die äussere feste Umhüllung des ganzen Thierkörpers, welche Lederhaut oder Leder, Corium oder Cutis genannt wird (*lh*). Diese derbe und dichte Umhüllung besteht in ihren tieferen Schichten vorzüglich aus Fett und lockerem Bindegewebe, in ihren oberflächlichen Schichten aus Hautmuskeln und festerem Bindegewebe. Sie geht als zusammenhängende Decke über die gesammte Oberfläche des fleischigen Körpers hinweg und liegt unmittelbar unter der äusseren dünnen Oberhaut oder

Fig. 58. Querschnitt durch das ideale Urwirbelthier, im Mitteltheil. *f* Flossensaum. *mr* Markrohr. *x* Chorda. ms_1 Rückenmuskeln. ms_2 Bauchmuskeln. *a* Aorta (im Gekröse gelegen). *ma* Magenhöhle. *c* Leibeshöhle. *hz* Herz.

Epidermis (*oh*). Aus dieser Oberhaut wachsen bei den höheren Wirbelthieren die Haare, Nägel, Federn, Krallen, Schuppen u. s. w. hervor. Sie besteht nebst allen ihren Anhängen und Producten blos aus einfachen Zellen und enthält keine Blutgefässe. Ihre Zellen hängen mit den Endigungen der Empfindungs-Nerven zusammen. Ursprünglich ist die Oberhaut eine ganz einfache, bloss aus gleichartigen Zellen zusammengesetzte Decke der äusseren Körperoberfläche. Später sondert sie sich bei den höheren Wirbelthieren in zwei Schichten, eine äussere, festere Hornschicht und eine innere, weichere Schleimschicht; später wachsen auch aus ihr zahlreiche äussere und innere Anhänge hervor, nach aussen die Haare, Nägel u. s. w., nach innen die Schweissdrüsen, Talgdrüsen u. s. w.

Wahrscheinlich erhob sich bei unserm Urwirbelthier in der Mittellinie des Körpers die Haut in Gestalt eines senkrecht stehenden Flossensaumes (*f*). Einen ähnlichen, um den grössten Theil des Körpers herumgehenden Flossensaum besitzen noch heute der Amphioxus und die Cyclostomen; einen gleichen finden wir am Schwanze unserer Froschlarven oder Kaulquappen vor. (Fig. 194).

Von diesen äusseren Körpertheilen des Wirbelthieres wenden wir uns jetzt zu den inneren Organen, welche wir unterhalb des Axenstabes, in der grossen Leibeshöhle oder Eingeweidehöhle antreffen. Diese umfangreiche Leibeshöhle wollen wir in der Folge, um Verwechselungen vorzubeugen, immer kurz das Coelom nennen. Gewöhnlich heisst sie in der Anatomie »Pleuroperitonealhöhle« (Fig. 58 *c*). Beim Menschen und bei allen übrigen Säugethieren (aber nur bei diesen!) zerfällt dieses Coelom im entwickelten Zustande in zwei verschiedene Höhlen, welche durch eine quere Scheidewand, das musculöse Zwerchfell, vollständig getrennt sind. Die vordere oder Brusthöhle (Pleura-Höhle) enthält die Speiseröhre, das Herz und die Lungen; die hintere oder Bauchhöhle (Peritoneal-Höhle) enthält Magen, Dünndarm, Dickdarm, Leber, Milz, Nieren u. s. w. Bei den Embryonen der Säugethiere aber bilden diese beiden Höhlen, ehe das Zwerchfell entwickelt ist, eine einzige zusammenhängende Leibeshöhle, ein einfaches Coelom, und so finden wir dieses auch bei allen niederen Wirbelthieren zeitlebens vor. Ausgekleidet ist diese Leibeshöhle mit einer zarten Zellenschicht, dem Coelom-Epithel.

Das wichtigste von allen Eingeweiden in der Leibeshöhle ist der ernährende Darmcanal, dasjenige Organ, welches bei der Gastrula den ganzen Körper darstellt. Dasselbe ist ein langes, von der Leibeshöhle umschlossenes, streckenweise mehr oder weniger differenzirtes

Rohr und besitzt zwei Oeffnungen: eine Mundöffnung zur Aufnahme der Nahrung (Fig. 59. 60 *md*) und eine Afteröffnung zur Abgabe der unbrauchbaren Stoffe oder Excremente (*af*). An dem Darmcanal hängen zahlreiche Drüsen, die von grosser Bedeutung für den Wirbelthierkörper sind und alle aus dem Darm hervorwachsen. Solche Drüsen sind die Speicheldrüsen, Lunge, Leber und zahlreiche kleinere Drüsen. Ein paar einfache Leberschläuche (Fig. 59, 60 *l*) waren wahrscheinlich schon bei der Stammform der Wirbelthiere vorhanden. Die Wand des Darmcanales und aller dieser Anhänge besteht aus zwei ganz verschiedenen Bestandtheilen oder Wandschichten: Die innere, zellige Auskleidung ist das Darmdrüsenblatt oder das vierte Keimblatt; die äussere, faserige Umhüllung hingegen entsteht aus dem dritten Keimblatt oder dem Darmfaserblatt; sie ist grösstentheils aus Muskelfasern zusammengesetzt, welche die Verdauungsbewegungen des Darmes bewirken, und aus Bindegewebsfasern, welche eine feste Hülle bilden. Eine Fortsetzung derselben ist das Gekröse oder Mesenterium, ein dünnes bandförmiges Blatt, mittelst dessen das Darmrohr an der Bauchseite der Chorda befestigt ist. Ausserdem aber entwickeln sich aus dieser Darmfaserhülle auch die wichtigsten Theile des Blutgefässsystems, insbesondere das Herz und die grösseren Blutgefäss-Stämme. Der Darmcanal ist bei den Wirbelthieren sowohl im Ganzen als in seinen einzelnen Abtheilungen sehr mannichfaltig umgebildet, trotzdem die ursprüngliche Grundlage überall dieselbe und höchst einfach ist. In der Regel ist das Darmrohr länger (oft vielmals länger) als der Körper und daher innerhalb der Leibeshöhle in viele Windungen zusammengelegt, besonders im hinteren Theile. Ausserdem ist dasselbe bei den höheren Wirbelthieren in sehr verschiedene, oft durch Klappen getrennte Abtheilungen gesondert, die als Mundhöhle, Schlundhöhle, Speiseröhre, Magen, Dünndarm, Dickdarm und Mastdarm gesondert werden. Alle diese Theile gehen aus einer ganz einfachen Anlage hervor, die ursprünglich (wie beim Amphioxus zeitlebens) als ein ganz gerader cylindrischer Canal unter der Chorda von vorn nach hinten läuft.

Da der Darmcanal in morphologischer Beziehung als das wichtigste Organ des Thierkörpers angesehen werden kann, so ist es von Interesse, seine wesentliche Beschaffenheit beim Wirbelthiere scharf ins Auge zu fassen und von allen unwesentlichen Theilen abzusehen. In dieser Beziehung ist besonders zu betonen, dass der Darmcanal aller Wirbelthiere eine sehr charakteristische Trennung in zwei Abtheilungen zeigt, eine vordere Hälfte, (Fig. 59 *k*), welche vorzugs-

weise zur **Athmung**, und eine hintere Hälfte, welche recht eigentlich zur **Verdauung** dient (*d*). Bei allen Vertebraten bilden sich

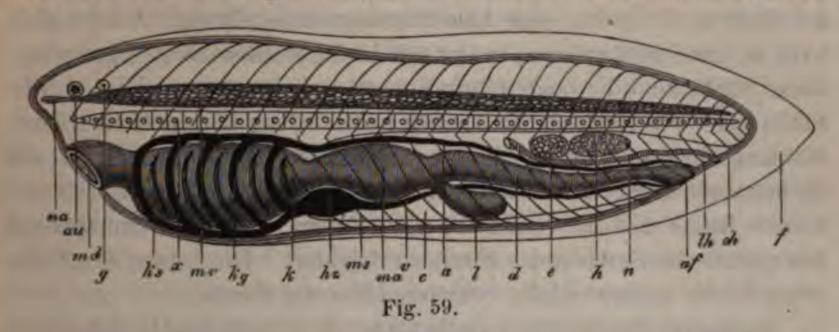


Fig. 59.

schon sehr frühzeitig rechts und links in der vorderen Abtheilung des Darmcanales eigenthümliche Spalten, welche in der innigsten Beziehung zu dem ursprünglichen Athmungsgeschäft der Wirbelthiere stehen, die sogenannten **Kiemenspalten** (*ks*). Alle niederen Wirbelthiere, der Amphioxus, die Pricken, die Fische, nehmen beständig Wasser durch die Mundöffnung auf und lassen dieses Wasser durch die seitlichen Spalten des Halses wieder austreten. Das Wasser, welches durch den Mund eindringt, dient zur Athmung. Der in demselben enthaltene Sauerstoff wird von den Blutcanälen eingeathmet, welche sich auf den zwischen den Kiemenspalten befindlichen Leisten, den »Kiemenbogen« ausbreiten (*kg*). Diese ganz charakteristischen Kiemenspalten und Kiemenbogen finden sich beim Embryo des Menschen und aller höheren Wirbelthiere in früher Zeit seiner Entwickelung eben so vor, wie sie bei den niederen Wirbelthieren überhaupt zeitlebens bleiben. Die Kiemenbogen und Kiemenspalten sind jedoch bei den Säugethieren, Vögeln und Reptilien niemals als wirkliche Athmungsorgane thätig, sondern entwickeln sich allmählich zu ganz anderen Theilen. Dass sie aber trotzdem anfänglich in derselben Form wie bei den Fischen auftreten, das ist einer der interessantesten Beweise für die Abstammung dieser drei höheren Wirbelthierklassen von den Fischen.

Nicht minder interessant und bedeutungsvoll ist der Umstand, dass auch die späteren bleibenden Athmungsorgane der Säugethiere,

---

Fig. 59. **Das ideale Urwirbelthier**, von der linken Seite. *na* Nase. *au* Auge. *g* Ohr. *md* Mund. *ks* Kiemenspalten. *x* Chorda. *mr* Markrohr. *kg* Kiemengefässe. *k* Kiemendarm. *hz* Herz. *ms* Muskeln. *ma* Magen. *v* Darmvene. *c* Leibeshöhle. *a* Aorta. *l* Leber. *d* Dünndarm. *e* Eierstock. *h* Hoden. *n* Nierencanal. *af* After. *lh* Lederhaut. *oh* Oberhaut. *f* Flossensaum der Haut.

Vögel und Reptilien sich aus der vorderen respiratorischen Abtheilung des Darmcanales entwickeln. Es bildet sich nämlich aus dem Schlunde des Embryo frühzeitig eine blasenförmige Ausstülpung, welche sich bald zu zwei geräumigen, später mit Luft gefüllten Säcken gestaltet. Diese Säcke sind die beiden luftathmenden Lungen, welche an die Stelle der wasserathmenden Kiemen treten. Jene blasenförmige Ausstülpung aber, aus der die Lungen entstehen, ist Nichts anderes als die bekannte luftgefüllte Blase, welche bei den Fischen die Schwimmblase heisst und als hydrostatisches Organ oder Schwimmapparat das specifische Gewicht des Fisches erleichtert. Die Lunge des Menschen ist die umgewandelte Schwimmblase der Fische.

In den engsten morphologischen und physiologischen Beziehungen zum Darmcanal steht das Gefäss-System der Wirbelthiere, dessen wichtigste Bestandtheile sich aus dem Darmfaserblatt entwickeln. Dasselbe besteht aus zwei verschiedenen, aber unmittelbar zusammenhängenden Abtheilungen, dem Blutgefäss-System und dem Lymphgefäss-System. In den Hohlräumen des ersteren ist das rothe Blut, in denen des letzteren die farblose Lymphe enthalten. Zum Lymphgefäss-System gehört die Leibeshöhle oder das Coelom (die sogenannte »Pleuroperitoneal-Höhle«); ferner zahlreiche Lymphcanäle oder Saugadern, welche durch alle Organe verbreitet sind und die verbrauchten Säfte aus den Geweben aufsaugen und in das venöse Blut abführen. Endlich gehören dazu auch die Chylusgefässe, welche den weissen Chylus oder Milchsaft, den vom Darm bereiteten Ernährungs-Saft, aufsaugen und ebenfalls in das Blut überführen.

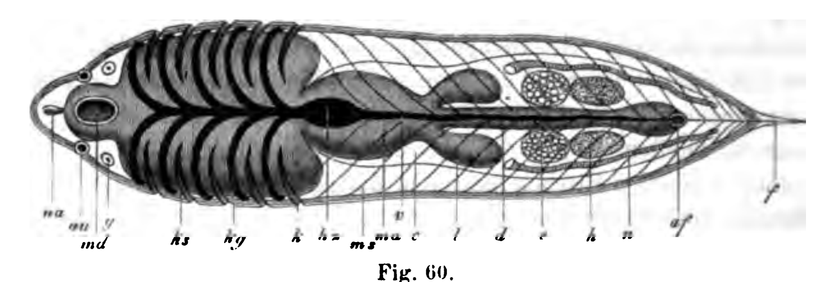


Fig. 60.

Das Blutgefäss-System der Wirbelthiere ist sehr mannichfaltig ausgebildet, scheint aber ursprünglich bei den Urwirbelthieren

Fig. 60. Das ideale Urwirbelthier, Ansicht von der Bauchseite. *na* Nase. *au* Auge. *g* Ohr. *md* Mund. *k* Kiemenkorb. *ks* Kiemenspalten. *kg* Kiemengefässbogen. *hz* Herz. *v* Darmvene. *ma* Magen. *l* Leber. *d* Dünndarm. *af* After. *n* Urnieren. *e* Eierstöcke. *h* Hoden. *c* Leibeshöhle. *ms* Muskeln. *f* Flossensaum.

in so einfacher Form bestanden zu haben, wie dasselbe bei den Ringelwürmern (z. B. den Regenwürmern) und beim Amphioxus noch heute zeitlebens fortbesteht. Demnach würden vor Allen als wesentliche ursprüngliche Haupttheile desselben zwei grosse unpaare Blutcanäle zu betrachten sein, welche ursprünglich in der Faserwand des Darmes liegen und in der Mittel-Ebene des Körpers längs des Darmcanals verlaufen, das eine über, das andere unter demselben. Diese beiden Hauptcanäle geben zahlreiche Aeste an alle Körpertheile ab und gehen vorn und hinten im Bogen in einander über: wir wollen sie die Urarterie und die Urvene nennen. Erstere entspricht dem Rückengefässe, letztere dem Bauchgefässe der Würmer. Die Urarterie oder primordiale Aorta (Fig. 59 a) liegt oben auf dem Darm, in der Mittellinie seiner Rückenseite, und führt sauerstoffreiches oder arterielles Blut aus den Kiemen in den Körper hinein. Die Urvene oder primordiale Hauptvene (Fig. 60 *v*) liegt unten am Darm, in der Mittellinie seiner Bauchseite, und führt kohlensäurereiches oder venöses Blut aus dem Körper zu den Kiemen zurück. Vorn an der Kiemenabtheilung des Darmes hängen beide Hauptcanäle durch mehrere Verbindungs-Aeste zusammen, welche bogenförmig zwischen den Kiemenspalten emporsteigen. Diese »Kiemengefässbogen« (*kg*) verlaufen längs der Kiemenbogen und betheiligen sich direct am Athmungsgeschäft. Unmittelbar hinter ihrer Abgangsstelle erweitert sich das vordere Ende der Urvene zu einem spindelförmigen Schlauche (*hz*). Das ist die einfachste Anlage des Herzens, welches sich später bei den höheren Wirbelthieren und beim Menschen zu einem vierkammerigen Pumpwerk gestaltet.

Ganz im Grunde der Leibeshöhle, an der unteren Seite der Rückenwand, beiderseits neben der Chorda und dem Gekröse, liegen bei den Wirbelthieren die Geschlechtsdrüsen, welche die Fortpflanzungszellen bilden; beim Weibe der Eierstock, beim Manne der Hoden. Die neuesten Untersuchungen über die Entwickelung dieser Theile scheinen zu ergeben, dass die ursprüngliche Anlage der Geschlechtsdrüsen beim Menschen und allen anderen Wirbelthieren hermaphroditisch oder zwitterig ist. Die Keimdrüsen des Wirbelthier-Embryo enthalten die Anlage zu beiderlei Geschlechtsorganen, zum Eierstock des Weibes, der die Eier bildet, und zu dem Hoden des Mannes, welcher das Sperma bildet. Diese beiderlei verschiedenen Geschlechtsdrüsen, welche in der späteren Entwickelung sich auf die beiden Geschlechter getrennt vertheilen, sind ursprünglich im Embryo vereinigt. Diese Thatsache führt uns zu der auch aus anderen Gründen sehr

wahrscheinlichen Annahme, dass die Wirbelthiere ursprünglich wie alle niederen Thiere Zwitter waren, dass jedes Individuum fähig war, sich selbstständig fortzupflanzen, und dass erst später die Trennung der Geschlechtsorgane eintrat. Demnach dürfen wir auch annehmen, dass unser Urwirbelthier bereits Eierstöcke (Fig. 60, 61 *e*) und Hoden (*h*) gleichzeitig besass.

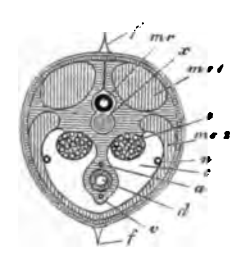


Fig. 61.

In der innigsten Beziehung stehen die Geschlechtsorgane der Wirbelthiere zu den Urnieren, zwei neben der Chorda längs verlaufenden Drüsen, welche beim Embryo den Harn absondern und bei den Fischen und Amphibien zeitlebens als Harnorgane thätig sind. An ihre Stelle treten später bei den drei höheren Wirbelthier-Classen die bleibenden Nieren, aus dem hintersten Abschnitte der Urnierengänge hervorsprossend. In ihrer ersten und einfachsten Anlage erscheinen die Urnieren als ein paar einfache Canäle, welche beiderseits der Chorda sich hinziehen und vorn in die Leibeshöhle, hinten nach aussen münden (Fig. 60 *n*). So treffen wir dieselben noch heute beim Embryo der höheren Wirbelthiere, bleibend bei niederen Würmern an.

Die Organe, die wir so eben in unserer allgemeinen Betrachtung des Ur-Wirbelthieres aufgezählt und bezüglich ihrer charakteristischen Lagerung untersucht haben, sind diejenigen Theile des Organismus, welche bei allen Wirbelthieren ohne Ausnahme in denselben gegenseitigen Beziehungen, wenn auch höchst mannichfaltig modificirt, wiederkehren. Wir haben dabei vorzugsweise den Querschnitt des Körpers (Fig. 54—56) in das Auge gefasst, weil an diesem das eigenthümliche Lagerungs-Verhältniss derselben am deutlichsten in die Augen fällt. Wir hätten jedoch, um unser Urbild zu vervollständigen, nun auch noch die bisher nicht berücksichtigte Gliederung oder Metameren-Bildung desselben hervorzuheben, die vorzüglich am Längsschnitt (Fig. 52, 53) in die Augen fällt. Es erscheint nämlich beim Menschen, wie bei allen entwickelten Wirbelthieren, der Körper aus einer Reihe oder Kette von gleichartigen Gliedern zusammengesetzt, welche in der Längsaxe des Körpers hintereinander liegen. Beim Menschen beträgt die Zahl dieser gleichartigen Glieder

Fig. 61. Querschnitt durch das ideale Urwirbelthier, im Hintertheil. *f* Flossensaum. *mr* Markrohr. *x* Chorda. *ms* Muskeln. *e* Eierstöcke. *n* Urnierencanäle. *a* Körperarterie. *d* Darm. *v* Darmvene.

oder Metameren gegen vierzig, bei vielen Wirbelthieren (z. B. Schlangen, Aalen) mehrere hundert. Da diese innere Gliederung sich vorzugsweise an der Wirbelsäule und den diese umgebenden Muskeln ausspricht, nennt man die Gliederabschnitte oder Metameren auch wohl Urwirbel. Nun wird allerdings die Zusammensetzung aus solchen Urwirbeln oder inneren Metameren gewöhnlich mit Recht als ein hervorstechender Charakter der Wirbelthiere hervorgehoben, und die verschiedenartige Sonderung oder Differenzirung derselben ist für die verschiedenen Gruppen der Wirbelthiere von grösster Bedeutung. Allein für die zunächst vor uns liegende Aufgabe, den einfachen Leib des Urwirbelthieres aus der Gastrula abzuleiten, sind die Gliederabschnitte oder Metameren von untergeordneter Bedeutung, und wir brauchen erst später darauf einzugehen.

Von diesen Metameren zunächst abgesehen, glauben wir mit der gegebenen kurzen Darstellung der wesentlichen Theile ziemlich Alles erschöpft zu haben, was über den fundamentalen Bau des Wirbelthieres zu sagen ist. Die hier angeführten Hauptorgane sind die ursprünglichen und hauptsächlichen Theile, welche wir fast alle ähnlich in dem ausgebildeten Amphioxus finden und welche bei allen Wirbelthieren in der ursprünglichen Keimanlage wiederkehren. Sie werden allerdings in dieser Uebersicht viele sehr wichtige und scheinbar ganz wesentliche Theile vermissen. Wie ich schon bemerkte, ist der differenzirte Kopf des Wirbelthieres mit Schädel und Gehirn eine unwesentliche, secundäre Bildung, und dasselbe gilt von den Gliedmaassen oder Extremitäten. So wichtig diese Theile physiologisch für den Menschen und die höheren Wirbelthiere sind, so unwichtig sind sie morphologisch, weil sie ursprünglich fehlten und sich erst später entwickelt haben. Die älteren Wirbelthiere der Silur-Zeit besassen weder Schädel noch Gehirn, und eben so fehlten ihnen auch die Gliedmaassen oder Extremitäten vollständig.

Wenn wir von diesen unwichtigen, weil secundär gebildeten Theilen hier ganz absehen, und vorläufig bloss jene wesentlichen, primären Theile in Betracht ziehen, so vereinfacht sich unsere Aufgabe bedeutend. Sie läuft dann im Wesentlichen auf das Problem hinaus, den so eben geschilderten Organismus des »Urwirbelthieres« aus der einfachen Keimform der Gastrula abzuleiten. Jener einfachste Vertebraten-Körper ist, wie man gewöhnlich sagt, aus zwei symmetrischen doppelten Röhren zusammengesetzt: aus einer unteren Röhre, welche das Darmrohr umschliesst (der Leibeswand) und aus einer oberen Röhre, welche das Markrohr umschliesst

(dem Wirbelcanal). Zwischen Markrohr und Darmrohr liegt der Axenstab oder die Chorda, als wesentlichster Theil des inneren Axen-Skelets, das die Wirbelthiere als solche charakterisirt. Vom Amphioxus bis zum Menschen hinauf wiederholt sich überall dieselbe charakteristische Lagerung der wichtigsten Organe. (Vergl. Taf. IV nebst Erklärung). Wir werden also jetzt zu untersuchen haben, wie sich diese Organe aus den zwei primären Keimblättern der Gastrula entwickeln, und aus den vier secundären Keimblättern, die durch deren Spaltung enstanden sind.

Für die Lösung dieser schwierigen Aufgabe erscheint es zweckmässig, Sie mit den wichtigsten Resultaten der ontogenetischen Beobachtung im Voraus bekannt zu machen. Wir werden unser entferntes Ziel leichter erreichen, wenn wir es klar vor uns sehen. Ich will Ihnen also jetzt nur noch in aller Kürze mittheilen, wie sich die angeführten Organe des Wirbelthier-Organismus zu den vier verschiedenen Keimblättern verhalten.

Das erste secundäre Keimblatt oder das Hautsinnesblatt liefert erstens die äussere Umhüllung des ganzen Körpers: die Oberhaut oder Epidermis, (und bei den höheren Wirbelthieren zugleich die Haare, Nägel, Schweissdrüsen, Talgdrüsen und alle anderen Theile, die secundär aus der ursprünglich einfachen Oberhaut sich entwickeln). Zweitens entsteht aus dem Hautsinnesblatte das Central-Nervensystem, das Medullarrohr oder Markrohr. Merkwürdiger Weise bildet sich dieses Seelenorgan in der äusseren Oberfläche der Oberhaut, und rückt erst allmählich von dort aus während des Laufes der individuellen Entwickelung nach innen hinein, so dass es späterhin ganz inwendig liegt, umschlossen von Muskeln, Knochen und anderen Theilen. Drittens entwickelt sich wahrscheinlich auch aus dem äusseren Keimblatte die ursprüngliche Niere des Wirbelthieres, welche den Harn abscheidet. Vermuthlich ist diese Urniere oder Primordial-Niere anfangs eine ausscheidende Hautdrüse (gleich den Schweissdrüsen) gewesen, und hat sich gleich diesen aus der äusseren Oberhaut entwickelt: später liegt sie tief innen im Körper.

Aus dem zweiten secundären Keimblatt oder dem Hautfaserblatt entsteht die Hauptmasse des Wirbelthier-Körpers, nämlich alle die umfangreichen Theile, welche zwischen der äusseren Oberhaut und der inneren Leibeshöhle liegen, und die eigentliche feste Leibeswand bilden. Dahin gehört erstens die an der Oberfläche unmittelbar unter der Oberhaut gelegene Lederhaut oder das Corium, die derbe, faserige Decke, welche die Nerven und Blut-

gefässe der Haut enthält; zweitens die mächtige Muskelmasse des ganzen Rumpfes oder das Fleisch, welches die Wirbelsäule umgiebt, bestehend aus zwei Hauptgruppen von Muskeln: den Rückenmuskeln (oder oberen Seitenrumpfmuskeln) und den Bauchmuskeln (oder unteren Seitenrumpfmuskeln). Dazu kommt drittens das für die Wirbelthiere vorzugsweise charakteristische innere Skelet, dessen centrale Grundlage der Axenstab oder die Chorda dorsalis ist, und das sich später zu der gegliederten Wirbelsäule entwickelt; auch alle die Knochen, Knorpel, Bänder u. s. w., welche bei den höher entwickelten Wirbelthieren dieses Wirbelgerüst zusammensetzen und mit den daran liegenden Sehnen und Muskeln zusammenhängen. Viertens entsteht endlich aus der innersten Zellenschicht des Hautfaserblattes das Exocoelar (d. h. das äussere oder parietale Coelom-Epithel), die Zellenschicht, welche inwendig die Innenfläche der Leibeswand auskleidet, wahrscheinlich zugleich die Ursprungsstätte der männlichen Geschlechtszellen.

Das dritte secundäre Keimblatt ist das Darmfaserblatt. Aus diesem entsteht erstens zu äusserst das Endocoelar (d. h. das innere oder viscerale Coelom-Epithel), die Zellenschicht, welche auswendig die gesammte Darmwand bekleidet, vermuthlich zugleich die Keimstätte der weiblichen Geschlechtszellen. Zweitens ist dieses Blatt die Ursprungsstätte des Herzens und der grossen Blutgefässe des Körpers, sowie des Blutes selbst, so dass dasselbe auch als Gefässblatt im eigentlichen Sinne bezeichnet worden ist. Die grossen vom Herzen abgehenden Blutröhren (Arterien) und die grossen zum Herzen hinführenden Blutcanäle (Venen) sowie auch die grossen Chylusgefässe, die in letztere einmünden, bilden sich gleich dem Herzen, der Lymphe und dem Blute selbst, aus dem Darmfaserblatt. Drittens entsteht aus demselben das eigentliche Darmmuskelrohr oder Gekrösrohr, d. h. die sämmtlichen faserigen und fleischigen Theile, welche die äussere Wand des Darmcanals bilden, sowie das Gekröse oder Mesenterium, die dünne Faserhaut, mittelst deren das Darmrohr an der Bauchseite der Wirbelsäule aufgehängt ist.

Sehr einfach und klar ist das Verhalten des vierten secundären Keimblattes oder des Darmdrüsenblattes. Aus diesem geht weiter Nichts hervor, als die innere Zellenauskleidung oder das Epithelium des gesammten Darmcanals und aller seiner Anhänge, der grossen und kleinen Darmdrüsen: dahin gehören die Lunge, Leber, Magendrüsen, u. s. w. (Vergl. Taf. IV und V).

Sechste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Organe des idealen Urwirbelthieres oder der hypothetischen Stammform der Wirbelthiere, und ihre Entwickelung aus den Keimblättern.

Primäre Keimblätter.	**Secundäre Keimblätter.**	**Wichtigste Organe des Urwirbelthieres.**
I. **Hautblatt.** (Animales Keimblatt, BAER). *Lamina dermalis, H.* **Exoderma.**	**I.** **Hautsinnesblatt;** (Hautschicht, BAER), oder **Sinnesblatt;** *Lamina neurodermalis H.*	1. Oberhaut (Epidermis). (Einfache Zellendecke der Aussenfläche). 2. Markrohr (Tubus medullaris) (nebst Sinnesorganen: Nase, Auge, Gehörorgan). 3. Urnieren (Protonephra). (Ein Paar einfache Canäle: Urnierengänge).
	II. **Hautfaserblatt;** (Fleischschicht, BAER), oder **Fleischblatt;** *Lamina inodermalis, H.*	4. Lederhaut (Corium). (Cutis und Subcutis). 5. Rumpfmuskeln. (Rückenmuskeln und Bauchmuskeln). 6. Axenstab (Chorda). (Rückenstrang oder Chorda dorsalis). 7. Exocoelar oder Parietales Coelom-Epithelium. (Innere Zellendecke der Leibeswand). 8. Männliche Geschlechtsdrüse. (Hoden. Testiculus).
Coeloma oder Leibeshöhle. Mit Lymphe (oder farblosem Blute) erfüllter Hohlraum zwischen Leibeswand und Darmwand, zwischen Exoderm und Entoderm.		
II. **Darmblatt.** (Vegetatives Keimblatt, BAER). *Lamina gastralis, H.* **Entoderma.**	**III.** **Darmfaserblatt;** (Gefässschicht, BAER), oder **Gefässblatt;** *Lamina inogastralis, H.*	9. Weibliche Geschlechtsdrüse. (Eierstock. Ovarium). 10. Endocoelar oder Viscerales Coelom-Epithelium. (Aeussere Zellendecke des Darmrohrs). 11. Hauptblutgefässe. (Urarterie oder Rückengefäss und Urvene oder Bauchgefäss). 12. Gekröse oder Mesenterium. 13. Darmuskelwand (Darmfaserwand).
	IV. Darmdrüsenblatt; (Schleimschicht, BAER), oder **Schleimblatt;** *L. mycogastralis, H.*	14. Darm-Epithelium. (Innere Zellendecke des Darmrohrs). 15. Darmdrüsen-Epithelium. (Leberzellen und andere Darmdrüsen-Zellen).

Zehnter Vortrag.

Der Aufbau des Leibes aus den Keimblättern.

»Die Entwickelung der Wirbelthiere geht von einer Axe nach oben, in zwei Blättern, die in der Mittelebene verwachsen, und auch nach unten in zwei Blättern, die ebenfalls in der Mitte verwachsen. Dadurch bilden sich zwei Hauptröhren über einander. Während der Bildung derselben sondert sich der Keim in Schichten, und so bestehen daher beide Hauptröhren aus untergeordneten Röhren, die sich einschliessen als Fundamental-Organe, und welche die Fähigkeit enthalten, zu allen Organen sich auszubilden.«

Carl Ernst Baer (1828).

Inhalt des zehnten Vortrages.

Die ursprüngliche (palingenetische) Entstehung des Wirbelthier-Körpers aus der Gastrula. Verhältniss derselben zu der späteren (cenogenetischen) Keimung, wie sie bei den Säugethieren besteht. Hauptacte der Wirbelthierbildung. Die primären Keimblätter bilden ursprünglich geschlossene Röhren und ebenso die secundären Keimblätter, die durch deren Spaltung entstehen. Mit der Ausbildung des Dottersackes breiten sich die Keimblätter flach aus und werden erst später wieder zu Röhren. Entstehung des scheibenförmigen Fruchthofes des Säugethieres. Heller Fruchthof (Area pellucida) und dunkler Fruchthof (Area opaca). In der Mitte des hellen Fruchthofes tritt der eiförmige, später sohlenförmige Keimschild auf. Durch den Primitivstreifen zerfällt der Keimschild in eine rechte und linke Seitenhälfte. Unterhalb der Rückenfurche zerfällt das mittlere Keimblatt in die Chorda und in die beiden Seitenblätter. Die Seitenblätter spalten sich horizontal in zwei Blätter: Hautfaserblatt und Darmfaserblatt. Die Urwirbelstränge lösen sich von den Seitenblättern ab. Das Hautsinnesblatt zerfällt in drei Theile: Hornblatt, Markrohr und Urniere. Bildung der Leibeshöhle und der ersten Arterien. Das Darmrohr entsteht aus der Darmrinne. Der Embryo schnürt sich von der Keimblase ab. Dabei erhebt sich rings um denselben die Amnion-Falte, welche über dem Rücken des Embryo zu einem geschlossenen Sacke verwächst: Amnion. Fruchtwasser oder Amnion-Wasser. Dottersack oder Nabelblase. Der Verschluss der Darmwand und Bauchwand bedingt die Bildung des Nabels. Rückenwand und Bauchwand.

X.

Meine Herren!

Auf der Entwickelungsstufe, auf der wir das Ei des Säugethiers verlassen hatten, stellte dasselbe die ausserordentlich wichtige und merkwürdige Keimform der Gastrula dar (Fig. 41, S. 174, Taf. II, Fig. 17). Der ganze Körper dieser kugeligen Gastrula besteht allein aus jenen zweierlei Zellen, welche die beiden primären Keimblätter zusammensetzen. Eine einfache Schicht von helleren und festeren Zellen bildet das äussere Keimblatt und bekleidet als äussere Hülle die ganze Oberfläche des Gastrula-Körpers. Das ganze Innere desselben wird von den dunkleren und weicheren Zellen des inneren Keimblatts erfüllt; nur an einer Stelle treten dieselben an die Oberfläche der Kugel zu Tage und diese Stelle ist der Mund der Gastrula, der Urmund (Protostoma Fig. 41 *o*).

Wie entsteht nun aus dieser einfachen Gastrula der verwickelte Organismus des Säugethieres? Um uns die schwierige Beantwortung dieser Frage zu erleichtern, haben wir uns zunächst mit dem typischen Bau des einfachen Urwirbelthieres bekannt gemacht (Fig 52—56, S. 207). Dabei stützten wir uns grösstentheils unmittelbar auf die realen Verhältnisse, welche im Körperbau des niedersten, heute noch lebenden Wirbelthieres, des Amphioxus thatsächlich vorliegen. In den meisten und wichtigsten Punkten der inneren Organisation können wir dieses interessante Lanzetthierchen als treues, palingenetisches Abbild jenes längst ausgestorbenen Stammvaters aller Wirbelthiere betrachten, auf den auch der Ursprung des Menschen zurückzuführen ist. Nur in wenigen und unwichtigeren Punkten zeigt sich der Amphioxus cenogenetisch verändert und müssen wir andere ursprüngliche Verhältnisse des Körperbaues annehmen. Dasselbe gilt nun auch von der höchst wichtigen Keimesgeschichte dieses niedersten Wirbelthieres. Wir werden diese später (im XIV. Vortrage) eingehend betrachten. Hier aber wollen wir uns jetzt schon in sofern auf dieselbe stützen, als wir im Stande sind, uns durch vergleichende Betrachtung der

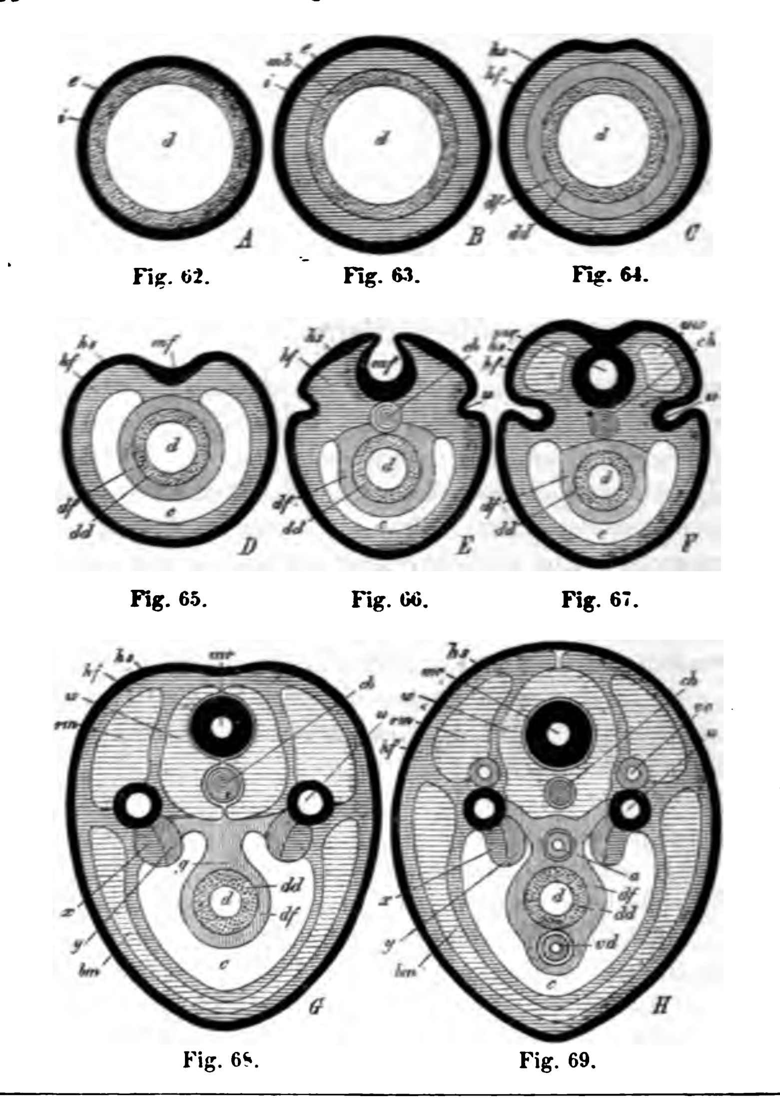


Fig. 62. Fig. 63. Fig. 64.

Fig. 65. Fig. 66. Fig. 67.

Fig. 68. Fig. 69.

Fig. 62—69. Schematische Querschnitte durch die wichtigsten Keimformen des idealen Urwirbelthieres (Fig. 52—61).

Fig. 62 (*A*). Querschnitt durch die Gastrula; zweiblätteriger Keim.

Fig. 63 (*B*). Dreiblätteriger Keim.

Fig. 64 (*C*). Vierblätteriger Keim. (Vier secundäre Keimblätter).

Fig. 65 (*D*). Zwischen Hautblatt und Darmblatt tritt die Leibeshöhle auf.

Fig. 66 (*E*). Zwischen Markfurche und Darm erscheint die Chorda.

Fig. 67 (*F*). Die Urnieren und Urwirbel treten auf; **das Markrohr ist geschlossen.**

Fig. 68 (*G*). Neben den Urnieren erscheinen die Anlagen der Geschlechtsorgane. Die Urwirbel umwachsen Chorda und Markrohr.

Fig. 69 (*H*). Ueber und unter dem Darm treten die Hauptblutgefässe auf.

Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe: *d* Darmhöhle. *dd* Darmdrüsenblatt. *df* Darmfaserblatt. *g* Gekröse. *y* Weibliche Keimdrüse (Eierstocks-Anlage). *x* Männ-

Keimung bei den verschiedenen Wirbelthieren eine ungefähre Vorstellung von dem Gange der individuellen Entwickelung zu machen, der ursprünglich bei den ältesten und einfachsten Urwirbelthieren bestanden hat. Erst wenn wir von diesem eine allgemeine Uebersicht gewonnen haben, können wir uns zu der viel schwierigeren Aufgabe wenden, auch den Organismus der Säugethiere, und besonders des Menschen, aus der Gastrula aufzubauen.

Als fester Ausgangspunkt dient uns die palingenetische Glocken-Gastrula des Amphioxus (Fig. 28, S. 159). Eine Reihe von schematischen Querschnitten durch die Keimformen, welche sich zunächst aus dieser Gastrula entwickeln, ist am besten geeignet, uns mit leichter Mühe die gewünschte Uebersicht zu verschaffen (Vergl. Fig. 62—69 und Taf. IV, V). Zwischen den beiden primären Keimblättern der Gastrula (Fig. 62) entsteht zunächst ein drittes Blatt, das Mittelblatt oder Faserblatt (*Mesoderma*, Fig. 63 *mb*). Auf diesen dreiblätterigen Zustand folgt nun der vierblätterige (Fig. 64). Wie wir schon früher aus einander setzten, trägt wahrscheinlich ursprünglich jedes der beiden primären Keimblätter zur Bildung des mittleren Blattes bei, obgleich das letztere nach den meisten Angaben nur aus einem derselben entstehen soll. Wahrscheinlich ist ursprünglich das Exoderm oder Hautblatt (*e*) in Hautsinnesblatt (*hs*) und Hautfaserblatt (*hf*) zerfallen, und entsprechend das Entoderm oder Darmblatt in Darmfaserblatt (*df*) und Darmdrüsenblatt (*dd*).

Mit der Ausbildung der vier secundären Keimblätter geht zugleich die einaxige Grundform der Gastrula in die zweiseitig-symmetrische (bilaterale oder dipleure) Grundform über (Vergl. S. 208). Indem sich der Körper abplattet, bildet sich der Gegensatz zwischen Rücken- und Bauch-Seite, zwischen Rechts und Links aus. In der Mitte der Rückenseite wird ein zarter Längsstreif sichtbar, die Andeutung einer Furche, der Längsaxe parallel. Die Seitenwände dieser Furche, die wir »Markfurche« nennen (*mf*), erheben sich in Form von zwei parallelen Leisten (Fig. 65 *mf*); das sind die Markwülste (Medullarwülste oder Rückenwülste). Ihre beiden parallelen Ränder krümmen sich gegen einander (Fig. 66 *mf*) und verwachsen endlich, so dass aus der Rinne ein

---

liche Keimdrüse (Hoden-Anlage). *a* Aorta (Ur-Arterie). *dv* Darmvene (Ur-Vene). *vc* Cardinal-Vene. *ch* Chorda. *uw* Urwirbel. *w* Wirbel. *rm* Rückenmuskeln. *bm* Bauchmuskeln. *u* Urnieren. *mf* Markfurche. *mr* Markrohr. *hs* Hornplatte. Ueberall sind die vier secundären Keimblätter durch Schraffirung angedeutet: Darmdrüsenblatt (*dd*) punctirt. Darmfaserblatt (*df*) senkrecht schraffirt. Hautfaserblatt (*hf*) wagerecht schraffirt. Hautsinnesblatt (*hs*) schwarz.

Rohr wird: das Markrohr (Fig. 67 *mr*). In der Längsaxe des Körpers zwischen Markrohr und Darmrohr entsteht ein solider cylindrischer Strang: der Axenstab oder die Chorda (*ch*). Er bildet sich aus dem mittleren Theile des Hautfaserblattes, dessen Seitentheile die Lederhaut und den grössten Theil der Fleischmasse liefern. Letztere zerfällt in Rückenmuskeln (Fig. 68, 69 *rm*) und Bauchmuskeln (*bm*).

Nach Sonderung der vier secundären Keimblätter erfolgt eine Trennung zwischen dem Hautfaserblatt (*hf*) und dem Darmfaserblatt (*df*). Zwischen beiden entsteht eine spaltförmige, mit Flüssigkeit gefüllte Höhle: die echte Leibeshöhle (Coeloma, Fig. 65—69 *c*). Frei in dieser liegt nunmehr das Darmrohr, nur oben längs der Chorda durch einen Strang des Darmfaserblattes angeheftet, der sich später zum Gekröse auszieht (Mesenterium, Fig 68 *g*). In dem Darmfaserblatt bilden sich zwei enge, mit Blut erfüllte Canäle, welche längs des Darmes verlaufen, die ersten Blutgefässe; eines über, das andere unter demselben. Ersteres ist das Rückengefäss (Fig. 69 *a*), letzteres das Bauchgefäss (*vd*); aus jenem entsteht später die Aorta, aus diesem die Darmvene und das Herz.

Endlich zeigen sich auch noch beiderseits des Darmrohrs und der Chorda, angeheftet an die Rückenwand der Leibeshöhle, die ersten Anlagen der Harn- und Geschlechtsorgane. Die Urnieren (*u*) erscheinen als zwei enge Canäle, welche parallel der Chorda durch den Körper verlaufen, vorn in die Leibeshöhle, hinten durch die äussere Haut nach aussen (oder in den letzten Abschnitt des Darmes) münden. Wahrscheinlich sind sie ursprünglich durch Einstülpung vom Hautsinnesblatt, als Hautdrüsen, entstanden (Fig. 66—68 *u*). Unmittelbar in ihrer Nähe finden wir die Geschlechtsorgane, als einfache Zellenhaufen, die neben dem Gekröse der inneren Leibeswand angeheftet erscheinen. Vermuthlich sind sie ursprünglich als Zwitterdrüse entstanden, und zwar die weibliche Drüse (*y*) aus dem inneren, die männliche Drüse (*x*) aus dem äusseren Keimblatte. Erstere wird zum Eierstock, letztere zum Hoden. Gleichzeitig mit diesen Veränderungen hat sich das Markrohr von seiner äusseren Bildungsstätte, dem Hautsinnesblatte, vollständig abgeschnürt und rückt in die Tiefe. Um die Chorda hat sich eine Scheide gebildet, und Fortsätze dieser »Chordascheide« wachsen rings um das Markrohr herum und betten dieses in einen Wirbelcanal (Fig. 68, 69 *w*).

Wenn wir nun unsere Querschnitte einen Augenblick verlassen und die Entwickelung unseres Urwirbelthieres auch im Längsschnitt verfolgen, so sehen wir, dass sich schon frühzeitig das Darmrohr in

einen Kiemendarm und Magendarm sondert, indem im ersten Abschnitte Kiemenspalten auftreten. Der Urmund der Gastrula verwächst; die beiden bleibenden Oeffnungen des späteren Darms entstehen als Neubildungen von aussen her; Mund vorn, After hinten. Ferner gliedert sich die äussere Leibeswand, indem die Fleischmasse der Rumpfmuskeln in eine Anzahl gleichartiger, hinter einander gelegener Abschnitte zerfällt: »Urwirbel«, Folgestücke oder Metameren. Entsprechend gliedern sich auch die zugehörigen Abschnitte des Nervensystems und des Gefässsystems von einander ab.

Als Haupt-Acte, durch welche sich die einfache Gastrula so in den typischen Wirbelthier-Organismus verwandelt, würden demnach folgende Vorgänge hervorzuheben sein: 1) Die zwei primären Keimblätter zerfallen durch Spaltung in die vier secundären Keimblätter. 2) Die einaxige Grundform der Gastrula geht durch Abplattung und Sonderung der drei Richtaxen in die zweiseitige Grundform des Wirbelthiers über. 3) Durch Ablösung des Hautfaserblattes vom Darmfaserblatte entsteht die Leibeshöhle. 4) In der Mittellinie der Rückenfläche tritt das Nervencentrum als rinnenförmige Furche auf, verwandelt sich in das Markrohr und schnürt sich ganz vom Hautsinnesblatte ab. 5) Unmittelbar unter dem Markrohr entsteht aus dem Axentheile des Hautfaserblattes die Chorda, während dessen Seitentheile Lederhaut und Rumpfmuskeln bilden; letztere gliedern sich in Metameren. 6) In der Darmwand, und zwar in deren äusserer Lamelle, im Darmfaserblatte, entstehen die Hauptblutgefässe, ein Rückengefäss (Aorta) über dem Darmrohr, ein Bauchgefässe (Urvene) unter demselben. 7) Das Darmrohr zerfällt in zwei Hauptabschnitte: vorn Kiemendarm, hinten Magendarm; in ersterem bilden sich jederseits mehrere Kiemenspalten. 8) Das Darmrohr erhält zwei neue Oeffnungen, vorn Mund, hinten After; der ursprüngliche Urmund der Gastrula verwächst. 9) Neben dem Darm und der Chorda entsteht jederseits eine lange Röhre, welche Harn absondert, und vorn in die Leibeshöhle, hinten nach aussen mündet: der Urnieren-Canal. 10) Neben dem Urnieren-Canal, zwischen ihm und Chorda, entwickeln sich die Anlagen der Geschlechtsdrüsen (Hoden und Eierstock), als rundliche Zellen-Massen, die aus der Wand der Leibeshöhle in diese hineinragen (an der kritischen Grenze von Hautfaserblatt und Darmfaserblatt).

Diese fundamentalen palingenetischen Haupt-Acte der individuellen Entwickelung, zu deren Annahme uns die vergleichende Keimesgeschichte der Wirbelthiere berechtigt, kehren im Wesentlichen bei allen Gliedern dieses Stammes wieder, wenn auch im Ein-

zelnen mehr oder minder stark abgeändert, oder cenogenetisch modificirt. In einfachster und ursprünglichster Form, die zum grössten Theile wohl palingenetisch ist, treffen wir sie heute nur noch beim Amphioxus an; schon bei den Rundmäulern, Fischen und Amphibien sind sie stark abgeändert und gefälscht, cenogenetisch umgeformt, und in noch viel höherem Maasse ist das bei den drei höheren Wirbelthierklassen bei den Reptilien, Vögeln und Säugethieren der Fall. Hier hat die allmähliche Ausbildung eines mächtigen Nahrungsdotters und eigenthümlicher Eihüllen so starke und vielfache Abänderungen oder secundäre cenogenetische Modificationen eingeführt, dass wir jenen primären, palingenetischen Entwickelungsgang auf den ersten Blick kaum wieder erkennen können.

Vor Allen ist es hier das cenogenetische Verhältniss des Keimes zum Nahrungsdotter, welches bis auf die neueste Zeit eine ganz irrthümliche Auffassung der ersten und wichtigsten Keimungs-Verhältnisse bei den höheren Wirbelthieren bedingt und eine Menge von falschen Gesichtspunkten in deren Ontogenie eingeführt hat. Bisher ging die Keimesgeschichte der höheren Wirbelthiere allgemein von der Ansicht aus, dass die erste Anlage des Keimes eine flache blattförmige Scheibe sei; und gerade deshalb wurden ja auch die Zellenschichten, welche diese Keimscheibe (auch »Fruchthof« genannt) zusammensetzen, als »Keimblätter« bezeichnet. Diese flache Keimscheibe, die anfangs kreisrund, später länglich rund ist, und die wir am gelegten Hühner-Ei als Narbe, Hahnentritt oder Cicatricula kennen gelernt haben, liegt an einer Stelle aussen auf der Oberfläche des grossen kugeligen Nahrungsdotters auf. Im Beginne der Keimung wölbt die flache Keimscheibe sich nach aussen und schnürt sich nach innen von der daruntergelegenen grossen Dotterkugel ab. Die flachen Blätter werden dadurch zu Röhren, indem ihre Ränder sich gegen einander krümmen und verwachsen (Fig. 70). Während der Keim auf Kosten des Nahrungsdotters wächst, wird der letztere immer kleiner; er wird von den Keimblättern völlig umwachsen. Späterhin bildet der Rest des Nahrungsdotters nur noch einen kleinen kugeligen Sack, den Dottersack oder die Nabelblase (*Saccus vitellinus* oder *Vesicula umbilicalis*, Fig. 70 *nb*). Dieser ist vom Darmblatt umschlossen, hängt durch einen dünnen Stiel, den Dottergang (*Ductus vitellinus*) mit dem mittleren Theile des Darmrohres zusammen, und wird schliesslich bei den meisten Wirbelthieren vollständig in letzteres aufgenommen (Fig. 70 *H*). Die Stelle, an welcher dies geschieht und wo der Darm sich zuletzt schliesst, ist der Darmnabel. Bei den Säugethieren,

wo der Rest des Dottersackes ausserhalb liegen bleibt und verkümmert, durchbohrt der Dottergang bis zuletzt die äussere Bauchwand. Bei der Geburt reisst der »Nabelstrang« hier ab und die Verschlussstelle bleibt als »Hautnabel« in der äusseren Haut zeitlebens bestehen.

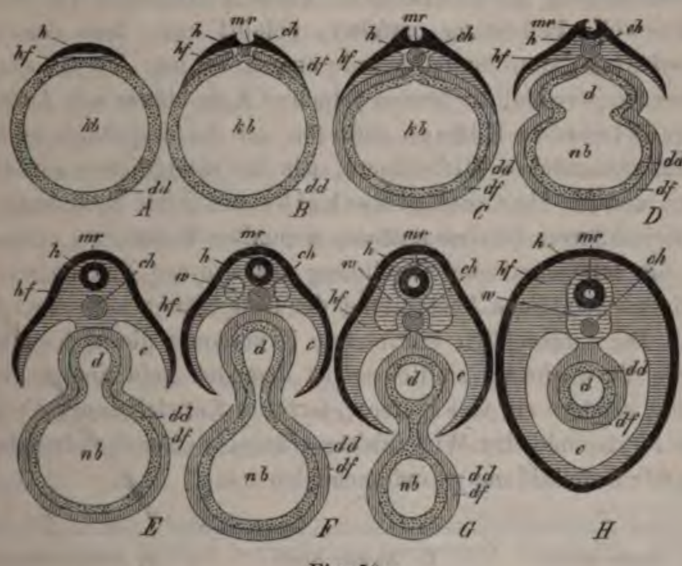


Fig. 70.

Indem nun die bisherige Keimesgeschichte der höheren Wirbelthiere, vorzugsweise auf das Hühnchen gestützt, den Gegensatz zwischen Keim (oder Bildungsdotter) und Nahrungsdotter (oder Dottersack) als einen *ursprünglichen* betrachtete, musste sie auch die flache, blattförmige Anlage der Keimscheibe als die ursprüngliche Keimform ansehen, und das Hauptgewicht darauf legen, dass aus

---

Fig. 70. *Abschnürung des scheibenförmigen Säugethier-Keims vom Dottersack, im Querschnitt* (schematisch). *A.* Die Keimscheibe (*h*, *hf*) liegt flach an einer Seite der Keimdarmblase (*kb*). *B.* In der Mitte der Keimscheibe tritt die Markfurche (*mr*) und darunter die Chorda auf (*ch*). *C.* Das Darmfaserblatt (*df*) hat das Darmdrüsenblatt (*dd*) rings umwachsen. *D.* Hautfaserblatt (*hf*) und Darmfaserblatt (*df*) trennen sich in der Peripherie; der Darm (*d*) beginnt sich von dem Dottersack oder der Nabelblase (*nb*) abzuschnüren. *E.* Das Markrohr (*mr*) ist geschlossen; die Leibeshöhle (*c*) beginnt sich zu bilden. *F.* Die Urwirbel (*w*) sondern sich; der Darm (*d*) ist fast ganz geschlossen. *G.* Die Urwirbel (*w*) beginnen Markrohr (*mr*) und Chorda (*ch*) zu umwachsen; der Darm (*d*) ist von der Nabelblase (*nb*) abgeschnürt. *H.* Die Wirbel (*w*) haben Markrohr (*mr*) und Chorda umwachsen; die Leibeshöhle (*c*) ist geschlossen, die Nabelblase verschwunden. Amnion und seröse Hülle sind weggelassen.

Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe: *h* Hornplatte. *mr* Markrohr. *hf* Hautfaserblatt. *w* Urwirbel. *ch* Chorda. *c* Leibeshöhle oder Coelom. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *d* Darmhöhle. *nb* Nabelblase.

diesen flachen Keimblättern durch Krümmung hohle Rinnen und durch Verwachsung ihrer Ränder geschlossene Röhren würden.

Diese Auffassung, welche die ganze bisherige Darstellung der Keimesgeschichte der höheren Wirbelthiere beherrschte, ist nach meiner Ueberzeugung grundfalsch. Denn die Gastraea-Theorie, die hier ihre volle Bedeutung entfaltet, belehrt uns, dass das wahre Sachverhältniss ursprünglich gerade umgekehrt ist. Die Gastrula, in deren Körperwand die beiden primären Keimblätter von Anfang an als geschlossene Röhren auftreten, ist die ursprüngliche Keimform der sämmtlichen Wirbelthiere, wie der sämmtlichen wirbellosen Thiere; und die flache Keimscheibe mit ihren flach ausgebreiteten Keimblättern ist eine spätere, secundäre Keimform, entstanden durch die cenogenetische Ausbildung des grossen Nahrungsdotters, und die nachträgliche Ausbreitung der Keimblätter auf seiner Oberfläche. Die thatsächlich eintretende Krümmung dieser Keimblätter und ihre Verwachsung zu Röhren ist demnach kein ursprünglicher, primärer, sondern ein viel späterer, tertiärer Entwickelungs-Vorgang. In der Phylogenie der Wirbelthiere würden demnach folgende drei Stufen der Keimbildung zu unterscheiden sein:

A. Erste Stufe: **Primärer** (palingenetischer) Vorgang der Keimbildung.	B. Zweite Stufe: **Secundärer** (cenogenetischer) Vorgang der Keimbildung.	C. Dritte Stufe: **Tertiärer** cenogenetischer Vorgang der Keimbildung.
Die Keimblätter bilden von Anfang an geschlossene Röhren. Kein Nahrungsdotter.	Die Keimblätter breiten sich blattförmig aus, indem sich aus der Mitte des Darmrohres ein grosser Dottersack entwickelt.	Die Keimblätter bilden eine flache Keimscheibe, deren Ränder sich gegen einander krümmen und zu einer geschlossenen Röhre verwachsen.

Wenn diese Auffassung, wie ich in consequenter Verfolgung meiner Gastraea-Theorie nicht anders glauben kann, die richtige ist, so muss der bisher übliche Gang der Darstellung gerade umgekehrt werden. Der Dottersack ist dann nicht wie bisher, in ursprünglichem Gegensatze zum Keime oder Embryo zu behandeln, sondern als ein wesentlicher Bestandtheil desselben, als ein Theil seines Darmrohres. Der Urdarm (*Protogaster*) der Gastrula hat sich demnach bei den höheren Thieren in Folge der cenogenetischen Ausbildung des Nahrungsdotters in zwei verschiedene Theile gesondert: in den

Nachdarm (*Metagaster*) oder den »bleibenden Darmcanal« und in den Dottersack oder die Nabelblase.

Wenn wir die Keimesgeschichte des Amphioxus, des Frosches, des Hühnchens und des Kaninchens vergleichend studiren (Taf. II, III), so kann nach meiner Ueberzeugung über die Berechtigung der neuen, hier dargelegten Auffassung kein Zweifel mehr sein. Demnach werden wir im Lichte der Gasträa-Theorie unter allen Wirbelthieren einzig und allein die Bildungs-Verhältnisse des Amphioxus als die ursprünglichen, von der palingenetischen Keimungsform nur wenig abweichenden zu betrachten haben. Beim Frosche sind diese Verhältnisse im Ganzen noch mässig cenogenetisch abgeändert, sehr stark dagegen beim Hühnchen und am stärksten beim Kaninchen. In der Glocken-Gastrula des Amphioxus, wie in der Hauben-Gastrula des Frosches liegen die Keimblätter von Anfang an als geschlossene Röhren vor (Taf. II, Fig. 6, 11). Hingegen tritt der Keim des Hühnchens (am frisch gelegten, noch nicht bebrüteten Ei) als flache kreisrunde Scheibe auf, und erst in neuester Zeit ist die wahre Gastrula-Natur dieser Keimscheibe von RAUBER und GOETTE erkannt worden.[74] Indem diese Scheiben-Gastrula den colossalen kugeligen Dotter umwächst und indem sich dann der »Nachdarm« oder bleibende Darm von dem aussen befindlichen Dottersack abschnürt, begegnen wir allen den Vorgängen, die wir in Fig. 70 schematisch dargestellt haben; Vorgänge, welche bisher als Hauptacte betrachtet wurden, während sie eigentlich nur Nebenacte sind.

Höchst verwickelt und eigenthümlich gestalten sich die entsprechenden Vorgänge der Keimung bei den Säugethieren. Sie sind hier bis auf die neueste Zeit ganz unrichtig beurtheilt worden: erst die kürzlich veröffentlichten Untersuchungen von EDUARD VAN BENEDEN[69] haben darüber Licht verbreitet und uns gestattet, dieselben mit den Principien der Gastraea-Theorie in Einklang zu bringen und auf die Keimung der niederen Wirbelthiere zurückzuführen. Obgleich nämlich im Ei der Säugethiere gar kein selbstständiger, vom Bildungsdotter getrennter Nahrungsdotter existirt, und obgleich demgemäss ihre Furchung eine totale ist, so bildet sich dennoch bei den daraus entstehenden Embryonen ein grosser »Dottersack« aus, und der »eigentliche Keim« breitet sich auf dessen Oberfläche blattförmig aus, wie bei den Reptilien und Vögeln, die einen grossen Nahrungsdotter und partielle Furchung besitzen. Wie bei den letzteren, schnürt sich auch bei den Säugethieren die flache, blattförmige »Keimscheibe« vom

Dottersacke ab, ihre Ränder krümmen sich gegen einander und verwachsen zu Röhren.

Wie ist nun dieser auffallende Widerspruch zu erklären? Nur durch höchst eigenthümliche und sonderbare, cenogenetische Keimungs-Abänderungen, deren eigentliche Ursachen auch heute noch nicht vollkommen aufgeklärt sind. Offenbar hängen dieselben damit zusammen, dass die Vorfahren der lebendig gebärenden Säugethiere eierlegende Amnionthiere waren und erst allmählich die Sitte des Lebendig-Gebärens annahmen. Nachdem die Haubengastrula (oder »*Amphigastrula*«) des Säugethieres vollkommen ausgebildet ist (Fig. 71), verwandelt sich dieselbe in eine grosse, kugelige, mit Flüssigkeit gefüllte Blase. Das geschieht nach VAN BENEDEN folgendermaassen: Der Gastrula-Mund verschwindet, indem die Entodermzelle (*o*), welche den Dotterpfropf bildete, in das Innere zu den anderen Zellen des Darmblattes tritt (*d*). Der Säugethier-Keim bildet jetzt eine solide Kugel, bestehend aus einem Haufen dunkler polyedrischer Entoderm-Zellen (*i*), und einer hellen kugeligen Hülle, welche aus einer einzigen Schicht Exoderm-Zellen sich zusammensetzt (*e*). Nun sammelt sich an einer Stelle zwischen beiden Keimblättern klare, helle Flüssigkeit an; und diese wächst bald so bedeutend, dass sich die Exoderm-Zellen-Hülle zu einer grossen kugeligen Blase ausdehnt. Die Masse der Entoderm-Zellen, welche eine Kugel von viel kleinerem Durchmesser bildete, bleibt an einer Stelle am Exoderm hängen (nach VAN BENEDEN an der Stelle des Dotterpfropfes *o*). Sie flacht sich hier erst halbkugelig, darauf linsenförmig, endlich scheibenförmig ab, indem die Entoderm-Zellen sich verschieben und in Gestalt einer kreisrunden Scheibe in einer Schicht ausbreiten.

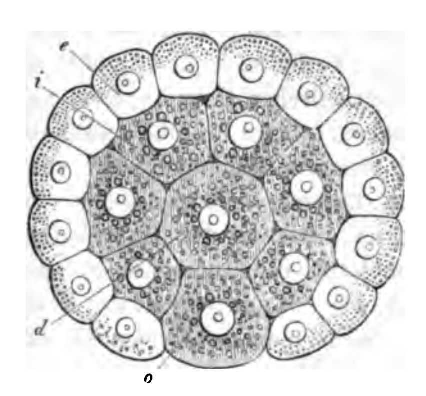


Fig. 71.

Fig. 71. Gastrula des Säugethieres (Amphigastrula vom Kaninchen), im Längsschnitt durch die Axe. *e* Exoderm-Zellen (64, heller und kleiner). *i* Entoderm-Zellen (32, dunkler und grösser). *d* Centrale Entoderm-Zelle, die Urdarmhöhle ausfüllend. *o* Peripherische Entoderm-Zelle, die Urmundöffnung verstopfend (Dotterpfropf im Rusconi'schen After).

Dieser blasenförmige Zustand des Säugethierkeims ist schon vor 200 Jahren (1677) von REGNER DE GRAAF entdeckt worden. Er fand in Fruchtbehälter des Kaninchens vier Tage nach der Befruchtung kleine, kugelige, frei liegende, wasserhelle Bläschen, die eine doppelte Hülle hatten. Aber GRAAF's Darstellung fand keine Anerkennung.

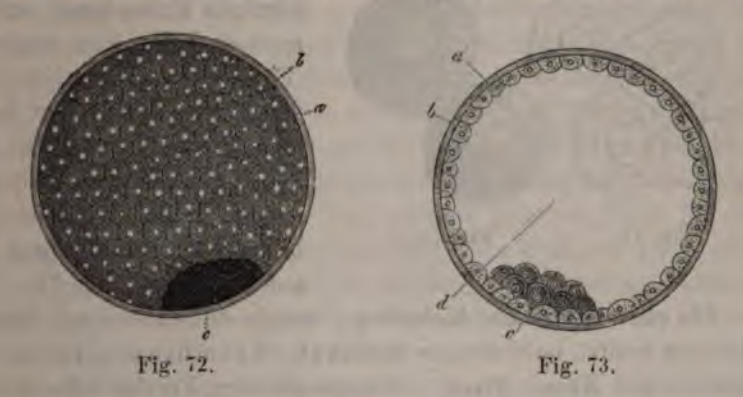


Fig. 72. Fig. 73.

Erst im Jahre 1827 wurden diese Bläschen von BAER wieder entdeckt und darauf von BISCHOFF 1842 beim Kaninchen genauer beschrieben. Man findet sie beim Kaninchen, beim Hunde und anderen kleinen Säugethieren schon wenige Tage nach der Begattung im Fruchtbehälter (Uterus oder Gebärmutter). Es werden nämlich die reifen Eier der Säugethiere, nachdem sie aus dem Eierstock ausgetreten sind, entweder schon hier oder gleich darauf im Eileiter durch die eingedrungenen, beweglichen Spermazellen befruchtet [92]. (Ueber Fruchtbehälter und Eileiter vergl. den XXV. Vortrag). Innerhalb des Eileiters geschieht die Furchung und die Ausbildung der Gastrula. Entweder schon hier im Eileiter, oder erst nachdem die Gastrula des Säugethieres in den Fruchtbehälter eingetreten ist, verwandelt sie sich in die kugelige Blase, welche Fig. 72 von der Oberfläche, Fig. 73 im Durchschnitt zeigt. Die äussere, dicke, structurlose Hülle, welche dieselbe umgiebt, ist die veränderte ursprüngliche Eihülle (*Zona pellucida*, S. 110), verbunden mit einer Eiweissschicht, welche sich äusserlich angelagert hat. Wir nennen diese Hülle von jetzt an

---

Fig. 72. Die Keimdarmblase (*Gastrocystis*) vom Kaninchen (Sogenannte »Keimblase« oder *Vesicula blastodermica* der Autoren). *a* Aeussere Eihülle (Chorion) *b* Hautblatt oder Exoderm, die gesammte Wand der Keimdotterblase bildend. *c* Haufen von dunkeln Zellen, das Darmblatt oder Entoderm bildend.

Fig. 73. Dieselbe Keimdarmblase im Durchschnitt. Buchstaben wie in Fig. 72. *d* Hohlraum der Keimdarmblase.

die äussere Eihaut, das primäre *Chorion* oder Prochorion (*a*). Die davon umschlossene eigentliche Wand der Blase besteht aus einer einfachen Schicht von Exoderm-Zellen (*b*), durch gegenseitigen Druck regelmässig abgeplattet, meist sechseckig; durch ihr feinkörniges Protoplasma schimmert ein heller Kern hindurch (Fig. 74). An einer Stelle (*c*) dieser Hohlkugel liegt innen eine kreisrunde Scheibe an, aus dunkleren und weicheren, mehr rundlichen Zellen gebildet, den trübkörnigen Entoderm-Zellen (Fig. 75).

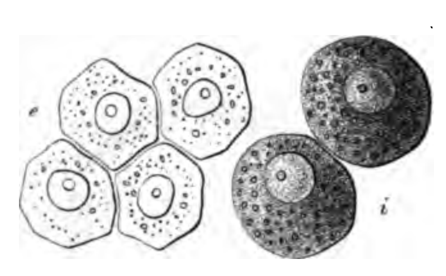


Fig. 74. Fig. 75.

Die characteristische Keimform, welche das entstehende Säugethier jetzt besitzt, ist bisher gewöhnlich als »Keimblase« [BISCHOFF), »sackförmiger Keim« (BAER), »bläschenförmige Frucht« oder »Keimhautblase« bezeichnet worden (*Vesicula blastodermica* oder kurz *Blastosphaera*). Die Wand der Hohlkugel, welche aus einer einzigen Schicht von Zellen besteht, nannte man »Keimhaut« oder *Blastoderma*, und hielt sie für gleichbedeutend mit der gleichnamigen Zellenschicht, welche die Wand der echten Keimhautblase oder Blastula beim Amphioxus (Taf. II, Fig. 4) und bei sehr vielen wirbellosen Thieren bildet (z. B. bei Monoxenia, Fig. 22, *F, G*). Allgemein galt bisher diese echte Keimhautblase für gleichwerthig oder homolog der Keimblase der Säugethiere. Das ist aber durchaus nicht der Fall! Die sogenannte »Keimblase der Säugethiere« und die echte Keimhautblase des Amphioxus und vieler Wirbellosen sind gänzlich verschiedene Keimzustände. Die letztere (*Blastula*) geht der Gastrulabildung voraus! Die erstere (*Vesicula blastodermica*) folgt der Gastrulabildung nach! Die kugelige Wand der Blastula ist eine echte Keimhaut (*Blastoderma*) und besteht aus lauter gleichartigen Zellen (Blastoderm-Zellen); sie ist noch nicht in die beiden primären Keimblätter differenzirt. Die kugelige Wand der Säugethier-»Keimblase« ist hingegen das differenzirte Hautblatt (*Exoderma*) und an einer Stelle liegt demselben innen eine kreisrunde Scheibe von ganz verschiedenen Zellen an: das Darmblatt (*Ento-*

Fig. 74. Vier Exoderm-Zellen von der Keimdarmblase des Kaninchens.
Fig. 75. Zwei Entoderm-Zellen von der Keimdarmblase des Kaninchens.

derma). Der kugelige, mit klarer Flüssigkeit gefüllte Hohlraum im Inneren der Blastula ist die Furchungshöhle. Hingegen der ähnliche Hohlraum im Inneren der Säugethier-Keimblase ist die Dottersackhöhle, die mit der sich bildenden Darmhöhle zusammenhängt.

Aus allen diesen Gründen, die erst jüngst durch VAN BENEDEN'S Untersuchungen klar geworden sind, ist es durchaus nothwendig, die secundäre »Keimdarmblase« der Säugethiere (*Gastrocystis*) als einen eigenthümlichen, nur dieser Thierklasse zukommenden Keimzustand anzuerkennen und von der primären »Keimhautblase« (*Blastula*) des Amphioxus und der Wirbellosen scharf zu unterscheiden. Die Wand dieser »Keimdarmblase« der Säugethiere besteht aus zwei verschiedenen Theilen. Der weitaus grössere Theil ist einschichtig, bloss aus dem Exoderm gebildet. Den kleineren Theil, nämlich die kreisrunde Scheibe, welche aus beiden primären Keimblättern gebildet ist, wollen wir mit VAN BENEDEN Keimdarmscheibe (*Gastrodiscus*) nennen.

Der kleine, kreisrunde, weissliche und trübe Fleck, den diese »Keimdarmscheibe« an einer Stelle der Oberfläche der hellen und durchsichtigen, kugeligen »Keimdarmblase« bildet, ist den Naturforschern schon seit langer Zeit bekannt und mit der »Keimscheibe« der Vögel und Reptilien verglichen worden. Bald ist sie demnach geradezu »Keimscheibe« (*Discus blastodermicus*) genannt worden, bald Embryonalfleck, (»*Tache embryonnaire*«), gewöhnlich Fruchthof (*Area germinativa*). Von diesem Fruchthofe geht die weitere Entwickelung des Keimes zunächst aus. Hingegen wird der grössere Theil der Keimdarmblase der Säugethiere nicht zur Bildung des späteren Körpers direct verwendet, sondern zur Bildung der vorübergehenden »Nabelblase«. Von dieser schnürt sich der Embryo-Körper um so mehr ab, je mehr er auf ihre Kosten wächst und sich ausbildet: beide bleiben nur noch durch den Dottergang (den Stiel des Dottersackes) verbunden; und dieser unterhält die unmittelbare Communication zwischen der Höhle der Nabelblase und der sich bildenden Darmhöhle (Fig. 70).

Der Fruchthof oder die Keimdarmscheibe der Säugethiere besteht anfänglich (gleich der Keimscheibe der Vögel) bloss aus den beiden primären Keimblättern: jedes aus einer einzigen Zellenschicht gebildet. Sehr bald aber tritt in der Mitte der kreisrunden Scheibe zwischen beiden eine dritte Zellenschicht auf, die Anlage des Mittelblattes oder Faserblattes (*Mesoderma*). Nach der Ansicht der meisten Beobachter entsteht dasselbe aus dem inneren, nach der An-

sicht anderer hingegen aus dem äusseren primären Keimblatte[93]: wahrscheinlich sind beide dabei betheiligt. Der Fruchthof oder die Keimscheibe besteht jetzt in der Mitte aus drei, in der ringförmigen Peripherie aus zwei Keimblättern: die übrige Wand der Keimdarm-

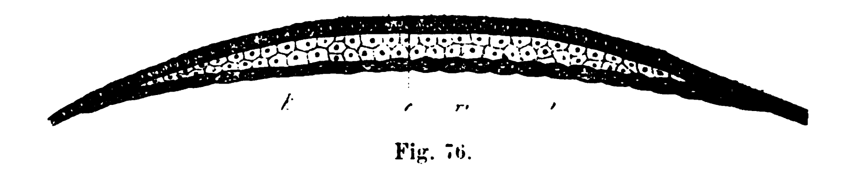


Fig. 76.

blase besteht bloss aus einem einzigen, dem äusseren Keimblatte. Nunmehr wird aber auch diese Wand doppelschichtig. Während nämlich in der Mitte des Fruchthofes das Faserblatt sich durch Zellenwucherung mächtig verdickt, breitet sich gleichzeitig das innere Keimblatt aus und wächst allseitig am Rande der Scheibe weiter. Ueberall eng an dem äusseren Keimblatte anliegend, wächst es an dessen innerer Fläche allenthalben herum, überzieht zuerst die obere, dann die untere Halbkugel der Innenfläche und kommt endlich in der Mitte der letzteren unten zum Verschluss (vergl. Fig. 77—81). Die Wand der Keimdarmblase besteht demnach jetzt überall aus zwei Zellenschichten: Exoderm aussen, Entoderm innen. Nur in der Mitte der kreisrunden Keimscheibe, welche durch Wucherung des Mittelblatts immer dicker wird, besteht dieselbe aus allen drei Keimblättern. Gleichzeitig lagern sich auf der Oberfläche der äusseren Eihaut oder des Prochorion, welches sich von der Keimdarmblase abgehoben hat, kleine structurlose Zotten oder Wärzchen ab (Fig. 79—81*a*).

Wir können nun zunächst sowohl diese äussere Eihaut als auch den grössten Theil der Keimblase ausser Acht lassen, und wollen unsere ganze Aufmerksamkeit dem Fruchthofe (oder der Keimscheibe) zuwenden. Denn in diesem allein treten zunächst die wichtigen Veränderungen auf, welche die Sonderung der ersten Organe zur Folge haben. Es ist dabei ganz gleichgültig, ob wir den Fruchthof des Säugethieres (z. B. des Kaninchens) oder die Keimscheibe eines Vogels oder eines Reptils (z. B. Eidechse oder Schildkröte) untersuchen. Denn bei allen Gliedern der drei höheren Wirbelthier-

Fig. 76. Durchschnitt durch den Fruchthof des Säugethieres (senkrecht auf die Fläche). Schematisch. *e* Exoderm (einfache Zellenschicht des Hautblattes). *m* Mesoderm (mehrfache Zellenschicht des Mittelblattes). *i* Entoderm (einfache Zellenschicht des Darmblattes). *k* Hohlraum der Keimdarmblase.

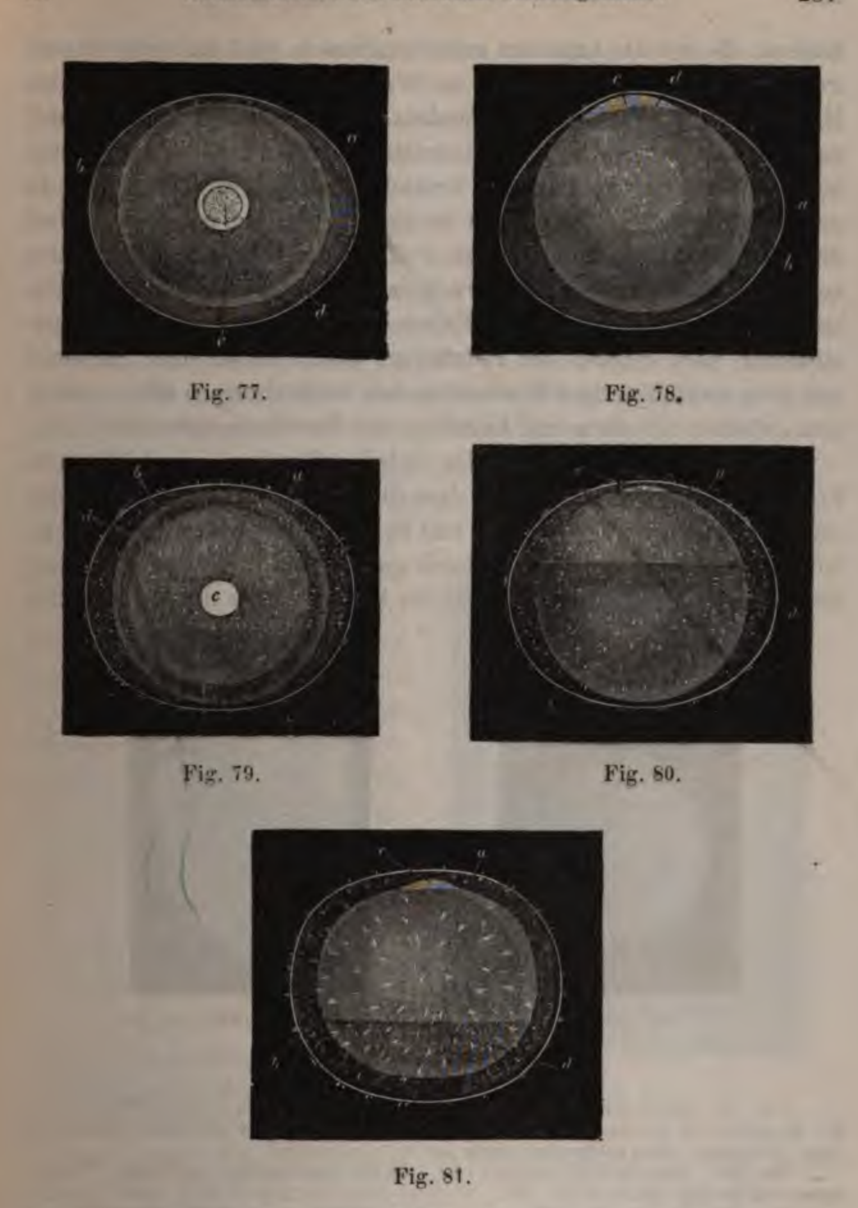


Fig. 77. Fig. 78.

Fig. 79. Fig. 80.

Fig. 81.

Fig. 77. Kaninchen-Ei aus dem Fruchtbehälter, von 4 Millimeter Durchmesser. Die Keimhautblase (*b*) hat sich etwas von der glatten äusseren Eihülle oder dem Prochorion (*a*) zurückgezogen. In der Mitte der Keimhaut ist der kreisrunde Fruchthof (*c*) sichtbar, an dessen Rande (bei *d*) sich die innere Schicht der Keimblase bereits auszubreiten beginnt. (Fig. 77—81 nach Bischoff.)

Fig. 78. Dasselbe Kaninchen-Ei, von der Seite gesehen (im Profil). Buchstaben wie bei Fig. 77.

klassen, die wir als Amnioten zusammenfassen, sind die zunächst auftretenden Keimungs-Vorgänge im Wesentlichen ganz gleich. Der Mensch verhält sich darin nicht anders, als das Kaninchen, der Hund, das Rind u. s. w.; und bei allen diesen Säugethieren erleidet der Fruchthof im Wesentlichen dieselben Veränderungen, wie bei den Vögeln und Reptilien. Bei weitem am häufigsten und am genauesten sind dieselben beim Hühnchen verfolgt, weil wir uns bebrütete Hühner-Eier aus jeder Altersstufe und jederzeit in beliebiger Menge verschaffen können. Auch die kreisrunde Keimscheibe des Hühnchens geht unmittelbar nach Beginn der Bebrütung (innerhalb weniger Stunden) aus dem zweiblätterigen Zustand in den dreiblätterigen über, indem sich zwischen Exoderm und Entoderm das Mesoderm entwickelt.

Die erste Veränderung des scheibenförmigen dreiblätterigen Fruchthofes besteht nun darin, dass die Zellen an seinem Randtheile ringsum sich rascher vermehren und in ihrem Protoplasma sich dunklere Körnchen ansammeln. Dadurch entsteht ein dunklerer Ring, der sich mehr oder weniger scharf von der helleren Mitte der Keimscheibe



Fig. 82.

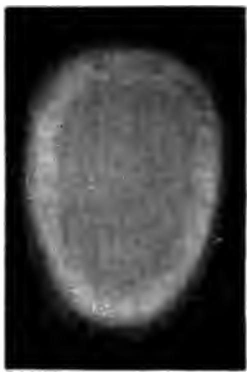


Fig. 83.

Fig. 79. Kaninchen-Ei aus dem Fruchtbehälter, von 6 Mm. Durchmesser. Die Keimhaut ist bereits in grosser Ausdehnung doppelschichtig (*b*). Die äussere Eihülle (Prochorion) wird zottig oder warzig (*a*).

Fig. 80. Dasselbe Kaninchen-Ei, von der Seite gesehen (im Profil). Buchstaben wie bei Fig. 79.

Fig. 81. Kaninchen-Ei aus dem Fruchtbehälter, von 8 Mm. Durchmesser. Die Keimhautblase ist bereits fast ganz doppelschichtig (*b*), nur unten (bei *d*) noch einschichtig.

Fig. 82. Kreisrunder Fruchthof des Kaninchens, gesondert in den centralen hellen Fruchthof (*Area pellucida*) und den peripherischen dunklen Fruchthof (Area opaca). Wegen des durchschimmernden dunklen Grundes erscheint der helle Fruchthof dunkler.

Fig. 83. Ovaler Fruchthof, aussen der trübe weissliche Saum des dunklen Fruchthofs.

absetzt (Fig. 82). Letztere bezeichnen wir von jetzt an als **hellen Fruchthof** (*Area pellucida*), den dunkleren Ring als **dunkeln Fruchthof** (*Area opaca*). (Bei auffallendem Licht, wie in Fig. 82 bis 84, erscheint umgekehrt der helle Fruchthof dunkel, weil der dunkle Grund mehr durchschimmert; dagegen erscheint der dunkle Fruchthof mehr weisslich.) Die kreisrunde Gestalt des Fruchthofs geht nunmehr in eine elliptische und gleich darauf in eine ovale über (Fig. 83). Das eine Ende erscheint breiter und mehr stumpf abgerundet, das andere schmaler und mehr spitz; ersteres entspricht dem hinteren Theile des späteren Körpers. Damit ist schon die characteristische, zweiseitige oder bilaterale Grundform des Körpers angedeutet, der Gegensatz von Vorn und Hinten, von Rechts und Links.

Jetzt erscheint in der Mitte des hellen Fruchthofes ein trüber grosser ovaler Fleck, der anfangs nur sehr zart, kaum bemerkbar ist, bald aber sich deutlicher abgrenzt und nunmehr als ein länglich runder oder ovaler Schild vortritt, von zwei Ringen umgeben (Fig. 84). Der innere hellere Ring ist der Rest des hellen Fruchthofes, der äussere dunklere Ring ist der dunkle Fruchthof; der trübe schildförmige Fleck selbst aber ist die erste Anlage der Rückentheile des Embryo. Wir wollen ihn kurz als **Keimschild** bezeichnen (*Notaspis*)[94]. Remak hat ihn »Doppelschild« genannt, weil er durch eine schildförmige Verdickung des äusseren und des mittleren Keimblattes entsteht. In den meisten Schriften wird dieser Keimschild als »die erste Keimanlage oder **Embryonal-Anlage**«, als »Urkeim« oder »die erste



Fig. 84.

Fig. 84. **Fruchthof oder Keimscheibe des Kaninchens**, ungefähr 10mal vergrössert. Da die zarte, halb durchscheinende Keimscheibe auf schwarzem Grunde liegt, so erscheint der helle Fruchthof als ein dunklerer Ring, hingegen der (nach aussen davon gelegene) dunkle Fruchthof als ein weisser Ring. Weisslich erscheint auch der in der Mitte gelegene ovale Keimschild, in dessen Axe die dunkle Markfurche sichtbar ist. (Nach Bischoff.)

Spur des Embryo« bezeichnet. Aber diese Bezeichnung, die sich auf die Autoritäten von BAER und BISCHOFF stützt, ist irrthümlich. Denn in Wahrheit besteht ja der Keim oder Embryo schon in der Stammzelle, in der Gastrula und in allen folgenden Keimzuständen. Hingegen ist der Keimschild blos die erste Anlage der am frühesten sich ausprägenden Rückentheile.

Nachdem der ovale Keimschild sich deutlich in der Mitte des hellen Fruchthofes ausgeprägt hat, erscheint in seiner Mittellinie ein zarter, bald aber scharf vortretender weisser Streif, der Urstreif oder »Primitivstreif« von BAER, die »Axenplatte« von REMAK. Diese Erscheinung beruht darauf, dass das obere und mittlere Keimblatt mit einander in der Mittellinie verwachsen und hier den Axenstrang bilden (Vergl. Fig. 88, 89). In der Mitte des Primitivstreifens prägt sich bald eine gerade dunkle Linie schärfer aus, die sogenannte Urrinne oder Primitivrinne (Fig. 84, Fig. 85 *a*). Dadurch zerfällt der

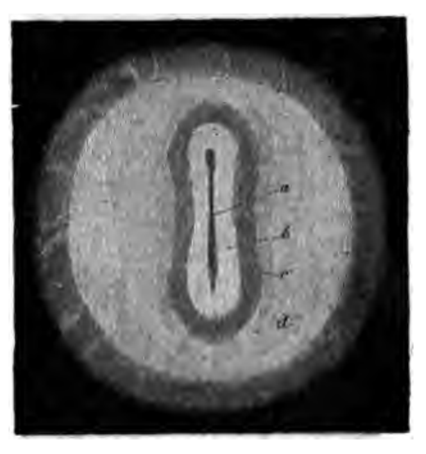




Fig. 85.



Fig. 86.



Fig. 87.

Keimschild in zwei symmetrische Seitenhälften, in eine rechte und linke Hälfte. Während die Primitivrinne tiefer einsinkt, nimmt der länglich

---

Fig. 85. Fruchthof oder Keimscheibe des Kaninchens mit sohlenförmigem Keimschild ungefähr 10mal vergrössert. Das helle kreisrunde Feld *d* ist der dunkle Fruchthof. Der helle Fruchthof (*c*) ist leierförmig, wie der Keimschild selbst (*b*). In dessen Axe ist die Rückenfurche oder Markfurche sichtbar (*a*). Nach BISCHOFF.

Fig. 86. Sohlenförmiger Keimschild des Hundes (Doppelschild von REMAK, Embryonal-Anlage der Autoren). In der Mitte ist die Rückenfurche, beiderseits die Markwülste sichtbar.

Fig. 87. Sohlenförmiger Keimschild des Hühnchens.

runde Fruchthof wieder seine frühere kreisrunde Gestalt an. Der Keimschild hingegen geht aus der eiförmigen Gestalt in die sogenannte leierförmige oder sohlenförmige Gestalt über. Der länglich runde, blattförmige Körper desselben wird nämlich in der Mitte etwas eingeschnürt, während das vordere und das hintere Ende etwas verdickt hervortreten (Fig. 85). Diese sehr charakteristische Gestalt, welche man am passendsten mit einer Schuhsohle, einem Bisquit, einer Geige oder einer Leier vergleicht, bleibt nun beim Embryo der Säugethiere (und ebenso auch der Vögel und Reptilien) geraume Zeit hindurch bestehen (Fig. 86, 87). Der Keimschild des Menschen nimmt diese Schuhsohlenform bereits in der zweiten Woche seiner Entwickelung an. Gegen Ende dieser Woche besitzt derselbe eine Länge von ungefähr zwei Millimetern.

Wir wollen nun zunächst die peripherischen Theile des Fruchthofs ganz ausser Acht lassen, da uns dessen Veränderungen erst viel später interessiren, und wenden unsere ganze Aufmerksamkeit dem sohlenförmigen Keimschilde zu, von welchem die weitere Entwickelung des Körpers zunächst ausgeht. Um diese richtig zu verstehen, müssen wir uns einer Methode bedienen, welche erst durch REMAK zu voller Geltung gebracht worden ist, nämlich der Betrachtung von Querschnitten, welche man in der Richtung von rechts nach links senkrecht durch die dünne Keimscheibe legt. Nur indem man diese Querschnitte auf das Sorgfältigste Schritt für Schritt in jedem Stadium der Entwickelung untersucht, kommt man zum vollen Verständniss der Vorgänge, durch welche sich aus dem einfachen blattförmigen Keimschilde der ausserordentlich complicirte Bau des Wirbelthierkörpers entwickelt.

Wenn wir nun jetzt durch unseren sohlenförmigen Keimschild (Fig. 86, 87) einen senkrechten Querschnitt legen, so bemerken wir zunächst die Verschiedenheit der drei übereinander liegenden Keimblätter (Fig. 88). Der Keimschild besteht gewissermaassen aus drei über einander liegenden Schuhsohlen. Die unterste oder innerste von diesen (das Darmdrüsenblatt) ist die dünnste Schicht und besteht bloss aus einer einzigen Lage von Zellen (Fig. 88 *d*). Die mittlere Sohle (das Mittelblatt oder Mesoderm) ist beträchtlich dicker und erscheint mehr oder weniger deutlich aus zwei eng verbundenen Schichten zusammengesetzt. Die dritte, äusserste oder oberste Schuhsohle (*h*) ist das Hautsinnesblatt und besteht aus kleineren, helleren Zellen. In der Mitte unseres Querschnittes, dem Axentheile der Sohlen entsprechend, sind alle drei Sohlen in beträchtlicher Ausdehnung mit einan-

der verwachsen und bilden hier den dicken Axenstrang (Fig. 88 *xy*). Diese Verwachsung ist von hoher Bedeutung. Denn sie vermittelt einen Austausch der Zellen der primären Keimblätter. Indem diese

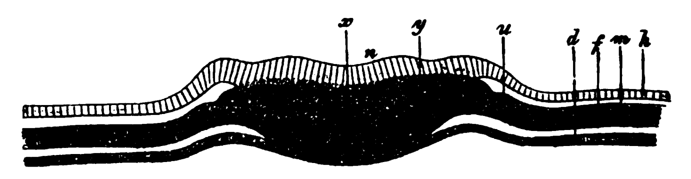


Fig. 88.

Zellen sich verschieben, vermehren und ihre Lage verändern, gelangen Exoderm-Zellen zwischen diejenigen des Entoderm, und umgekehrt. Das Mittelblatt oder Mesoderm enthält demnach Zellen von beiden primären Keimblättern. Selbst wenn REMAK's Darstellung richtig ist, wonach das Mesoderm ursprünglich vom Entoderm sich abspaltet, so können doch jedenfalls später in Folge jener centralen Verwachsung auch Zellen vom Exoderm in das Mesoderm eintreten. In der That zeigt sich das Faserblatt bald deutlich aus zwei verschiedenen Schichten zusammengesetzt: einer äusseren, die vom Hautblatt, und einer inneren, die vom Darmblatt phylogenetisch abzuleiten ist. Die äussere ist die Anlage des Hautfaserblattes (Fig. 88 *m*, 89 *m*); die innere wird zum Darmfaserblatt (Fig. 88 *f*, 89 *f*).

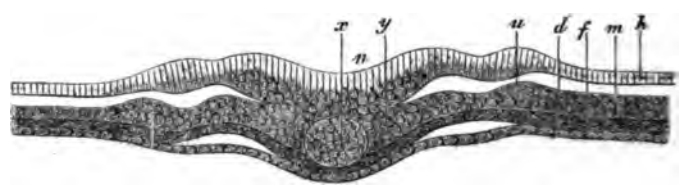


Fig. 89.

Bald nachdem im Axentheile des Keimschildes die Verwachsung der Keimblätter und der Austausch ihrer Zellen stattgefunden hat,

Fig. 88. Querschnitt durch den Keimschild eines Hühnchens (wenige Stunden nach Beginn der Bebrütung). *h* Hautsinnesblatt. *m* Hautfaserblatt. *f* Darmfaserblatt (mit letzterem zum Mittelblatt oder Mesoderm verbunden). *d* Darmdrüsenblatt. In der Mitte sind alle vier secundären Keimblätter zu dem dicken Axenstrange (*xy*) verwachsen. *n* Erste Spur der Primitivrinne. *u* Gegend der späteren Urnieren-Anlage. (Nach WALDEYER.)

Fig. 89. Querschnitt durch den Keimschild eines Hühnchens, etwas später als Fig. 88. Bedeutung der Buchstaben wie in Fig. 88. In der Mitte des Axenstranges (*y*) sondert sich die Chorda dorsalis oder der Axenstab (*x*). (Nach WALDEYER).

wird in der Mittellinie der äusseren Oberfläche die schmale geradlinige Primitivrinne sichtbar (Fig. 89 *n*). Beiderseits derselben erheben sich als niedrige Leisten die Rückenwülste. Mitten unterhalb der Primitivrinne sondert sich aus der Zellenmasse des dicken Axenstranges ein cylindrischer Strang, der im Querschnitt rundlich erscheint: die erste Anlage des Axenstabes oder der *Chorda dorsalis* (*x*). Immer deutlicher scheiden sich die vier secundären Keimblätter. Das Darmfaserblatt (*f*) zeigt sich deutlich als Product des Darmdrüsenblattes (*d*), gesondert von dem Hautfaserblatt (*m*), das vom Hautsinnesblatt (*h*) abstammt.

Die Primitivrinne (*Pv* Fig. 90) wird nun bald beträchtlich tiefer und gestaltet sich zum Grunde der breiteren Markfurche (Medullar-

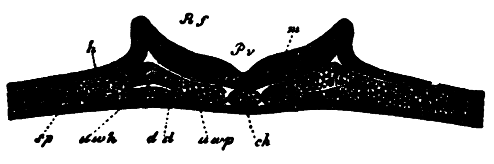


Fig. 90.

furche) oder Rückenfurche (*Rf*). Beiderseits derselben erheben sich die beiden parallelen Rückenwülste oder Markwülste (*m*). Zugleich sondert sich der centrale Axenstab oder die Chorda (Fig. 90 *ch*) vollständig und scharf von den beiden seitlichen Theilen des mittleren Keimblattes ab. Diese letzteren werden wir nunmehr als Seitenblätter (*sp*) der in der Axe gelegenen Chorda gegenüberstellen. Gewöhnlich werden sie »Seitenplatten« genannt. In der Mitte jedes Seitenblattes zeigt sich eine enge Spalte (in der Fläche desselben), indem sich hier das obere oder äussere Hautfaserblatt von dem unteren oder inneren Darmfaserblatt ablöst. Diese Spalte (Fig. 90 *uwh*)

Fig. 90. Querschnitt durch den Keimschild von einem bebrüteten Hühnchen (gegen Ende des ersten Tages der Bebrütung), ungefähr 100mal vergrössert. Das Hautsinnesblatt oder das äussere Keimblatt sondert sich in zwei verschiedene Theile, in die peripherische dünnere Hornplatte (*h*), aus welcher die Oberhaut mit ihren Anhängen entsteht, und in die axiale dickere Markplatte (*m*), aus welcher sich das Markrohr bildet; dies entsteht aus der Rückenfurche (*Rf*), deren tiefsten Theil die Primitivrinne (*Pv*) bildet. Die Grenze zwischen Markplatte (*m*) und Hornplatte (*h*) bilden die stark erhabenen parallelen Rückenwülste. Das mittlere Keimblatt oder das vereinigte Faserblatt (das »motorisch-germinative« Blatt) ist bereits in den Axenstab oder die Chorda (*ch*) und in die beiden Seitenblätter (*sp*) zerfallen. Der innerste Theil der letzteren sondert sich bald als Urwirbelstrang ab (*uwp*). Der zarte Spalt in den Seitenblättern ist die erste Anlage der späteren Leibeshöhle (*uwh*). Das innere Keimblatt oder das Darmdrüsenblatt (*dd*) ist noch unverändert. Nach Kölliker.

ist von grosser Bedeutung, denn sie stellt die erste Anlage der späteren Leibeshöhle oder des Coeloms dar. (Vergl. Taf. IV, Fig. 2 *c*, 3 *c*).

Bei Gelegenheit dieser »Seitenblätter«, die man gewöhnlich mit dem Namen »Seitenplatten« belegt, will ich ein paar Worte über die beiden Kunstausdrücke »Blätter« und »Platten« einfügen, welche seit BAER in der Keimesgeschichte allgemein angewendet werden. Sowohl die »Blätter« (*Laminae*) als die »Platten« (*Lamellae*) sind blattförmige oder plattenförmige Körper, welche ursprünglich aus einer einzigen oder aus mehreren über einander geschichteten Lagen von gleichartigen Zellen bestehen, und welche die ersten Grundlagen für die entstehenden Organ-Systeme und Organe des Körpers bilden. Der ontogenetische Sprachgebrauch macht aber zwischen »Blättern« und »Platten« einen wichtigen Unterschied. Als Blätter werden nur die ersten und ältesten Zellenschichten des Keimes bezeichnet, die über den ganzen Keim weggehen und die Anlagen ganzer Organ-Systeme bilden. Unter Platten hingegen versteht man einzelne Theile jener Blätter und aus diesen hervorgehende Zellenschichten, welche nur einem Theile des Keimes angehören und zur Bildung einzelner grösserer und kleinerer Organe dienen.

Allerdings wird diese Unterscheidung keineswegs scharf durchgeführt, und man bezeichnet z. B. die beiden mittleren secundären Keimblätter gewöhnlich als Hautfaser-»Platten« und Darmfaser-»Platten« (— statt »Blätter« —). Umgekehrt nennt man die »Hornplatte« (einen Theil des »Hautsinnesblattes«) gewöhnlich »Hornblatt«. Wir werden jedoch an jener wichtigen Unterscheidung thunlichst festhalten, und als »Blätter« also nur die beiden primären und die vier secundären Keimblätter bezeichnen; natürlich müssen wir aber auch die »Seitenplatten« demgemäss »Seitenblätter« nennen, da sie ursprünglich aus einer Verwachsung von zwei secundären Keimblättern hervorgegangen sind. Hingegen werden wir das sogenannte »Hornblatt« und alle aus jenen vier Blättern abgespaltenen oder differenzirten blattförmigen Organanlagen als »Platten« bezeichnen (so die Muskelplatte, Skeletplatte u. s. w.).

Nachdem die Chorda sich von den beiden Seitenblättern völlig getrennt hat, spaltet sich in der hinteren Hälfte des Keimschildes von dem inneren Rande jedes Seitenblattes rechts und links ein Stück ab, welches die Gestalt eines dicken langen Stranges hat (Fig. 90 ***uwp***, Fig. 91 *u*). Wir wollen denselben Urwirbelplatte, oder besser Urwirbelstrang nennen, weil dieser Strang sich zu den Urwirbeln



und benachbarten Theilen entwickelt. Er bildet die erste Anlage der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule, der »Urwirbelstücke«. Später treten diese Urwirbel in die engste Beziehung zu der Chorda dorsalis, welche sie umwachsen, und diese ganze Axen-Masse entwickelt sich dann zu der späterhin so mannichfach gegliederten und complicirten Wirbelsäule. Die peripherischen Theile der beiden Seitenblätter, welche nach der Abspaltung des Urwirbelstranges übrig bleiben, heissen von jetzt an Seitenplatten oder Seitenblätter im engeren Sinne; sie entwickeln sich zu den schon genannten beiden Faserblättern. In der vorderen Hälfte des Keimschildes, welche dem späteren Kopfe entspricht, tritt keine Trennung ein zwischen der inneren Urwirbelmasse und dem äusseren Seitenblatte.



Fig. 91.

Während dieser Vorgänge bleibt das Darmdrüsenblatt oder das innere Keimblatt zunächst ganz unverändert; es sind keine Sonderungen daran wahrzunehmen (Fig. 90 *d d*, Fig. 91 *d*). Um so bedeutender sind die Veränderungen, welche jetzt im Hautsinnesblatte oder im äusseren Keimblatte vor sich gehen. Die fortdauernde Erhöhung und das beständige Wachsthum der beiden Rückenwülste führt nämlich dahin, dass jetzt diese beiden erhabenen Leisten sich mit ihren oberen freien Rändern gegen einander krümmen, immer mehr nähern (Fig. 91 *w*) und schliesslich verwachsen. So entsteht aus der offenen Rückenfurche, deren obere Spalte enger und enger wird, zuletzt ein geschlossenes cylindrisches Rohr (Fig. 92 *mr*). Dieses Rohr ist von der grössten Bedeutung: es ist nämlich die erste Anlage des Central-Nervensystems, des Gehirns und des Rückenmarkes. Wir nennen diese erste Anlage Markrohr oder Medullarrohr (*Tubus medullaris*). Früher hat man diese Thatsache als ein wunderbares Räthsel angestaunt; wir werden nachher sehen, dass sich dieselbe im Lichte der Descendenz-Theorie als ein ganz natürlicher Vorgang herausstellt. Es ist ganz naturgemäss, dass sich das Central-Nervensystem — als das Organ, durch welches aller Verkehr mit der Aus-

Fig. 91. Querschnitt durch den Keimschild von einem Hühnchen am Ende des ersten Brütetages), etwas weiter entwickelt als Fig. 90, ungefähr 20mal vergrössert. Die beiden Ränder der Markplatte (*m*), welche als Markwülste (*w*) die letztere von der Hornplatte (*h*) abgrenzen, krümmen sich gegeneinander. Beiderseits der Chorda (*ch*) hat sich der innere Theil der Seitenblätter (*u*) als Urwirbelstrang von dem äusseren Theile (*sp*) gesondert. Das Darmdrüsenblatt (*d*) ist noch unverändert. Nach Remak.

senwelt, alle Seelenthätigkeit und alle Sinneswahrnehmungen vermittelt werden — aus der Oberhaut oder Epidermis durch Abschnürung entwickelt. Später schnürt sich das Markrohr vollständig vom äusseren Keimblatte ab, wird von den Urwirbeln umwachsen und nach innen hinein gedrängt. Der übrig bleibende Theil des Hautsinnesblattes (Fig. 92 *h*) heisst nunmehr **Hornplatte** oder »Hornblatt«,

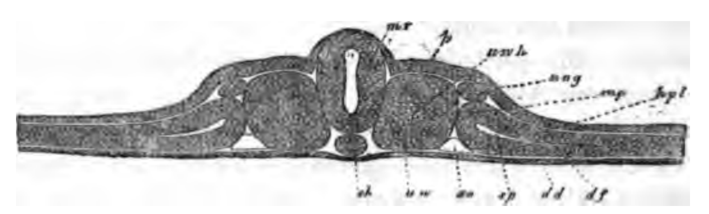


Fig. 92.

weil sich aus ihm die gesammte Oberhaut oder Epidermis mit den dazu gehörigen Horntheilen (Nägeln, Haaren u. s. w.) entwickelt. (Vergl. Taf. IV und V.)

Sehr frühzeitig scheint ausser dem Central-Nervensystem von der äusseren Haut her noch ein anderes, ganz verschiedenes Organ zu entstehen, nämlich die **Urniere**, welche die ausscheidende Thätigkeit des Körpers besorgt und den Harn des Embryo absondert. Diese Urniere ist ursprünglich ein ganz einfacher, röhrenförmiger, langer Gang, ein gerader Canal, der beiderseits der Urwirbelstränge (an deren äusserer Seite) von vorn nach hinten läuft (Fig. 92 *ung*). Er entsteht, wie es scheint, seitlich vom Markrohr aus der Hornplatte, in der Lücke, welche zwischen dem Urwirbelstrange und dem Seitenblatte sich findet. Schon zu der Zeit, in welcher die Abschnürung des Markrohres von der Hornplatte erfolgt, wird die Urniere in dieser Lücke sichtbar. Nach anderen Beobachtern soll die erste Anlage der Urniere nicht vom Hautsinnesblatte, sondern vom Hautfaserblatte geliefert werden.

Fig. 92. Querschnitt durch den Keimschild (von einem bebrüteten Hühnchen am zweiten Brütetage), ungefähr 100mal vergrössert. Im äusseren Keimblatte hat sich die axiale Rückenfurche vollständig zum Markrohr (*mr*) geschlossen und von der Hornplatte (*h*) abgeschnürt. Im mittleren Keimblatte ist die axiale Chorda (*ch*) ganz von den beiden Urwirbelsträngen (*uw*) getrennt, in deren Innerem sich später eine vorübergehende Höhle (*uwh*) bildet. Die Seitenblätter haben sich in das äussere Hautfaserblatt (*hpl*) und in das innere Darmfaserblatt (*df*) gespalten, die durch die Mittelplatten (*mp*) innen noch zusammenhängen. Die Spalte zwischen beiden (*sp*) ist die Anlage der Leibeshöhle. In der Lücke zwischen Urwirbelsträngen und Seitenblättern ist aussen jederseits die Urniere (*ung*), innen hingegen die Urarterie (*a*) angelegt. Nach Kölliker.

Während so das Hautsinnesblatt sich in die Hornplatte, das Markrohr und die Urnieren sondert, zerfällt das mittlere Keimblatt, das Mesoderm oder Faserblatt ebenfalls in drei Stücke, nämlich: 1) in der Mittellinie des Keimschildes den Axenstab oder die Chorda (Fig. 92 *ch*); 2) zu beiden Seiten derselben die Urwirbelstränge (*uw*) und 3) nach aussen die davon abgeschnürten Seitenblätter. Diese letzteren zeigen uns noch die ursprüngliche Spaltung des mittleren Keimblattes in das äussere Hautmuskelblatt oder Hautfaserblatt, (*hpl*), und das innere Darmmuskelblatt oder Darmfaserblatt, (*df*). Die Verbindungsstelle beider Faserblätter heisst Mittelplatte oder Gekrösplatte (*mp*). Die enge Spalte (*sp*) oder der leere, hohle Raum, welcher zwischen beiden Faserblättern sich bildet, ist die Anlage der Leibeshöhle oder des Coeloms, der grossen Eingeweidehöhle, in welcher Herz, Lunge, Darmcanal u. s. w. liegen. Sie zerfällt später beim Säugethiere durch die Ausbildung des Zwerchfelles in zwei getrennte Höhlen, in die Brusthöhle und in die Bauchhöhle. Unmittelbar unter der Gekrösplatte, in der Lücke zwischen dem Darmdrüsenblatte, dem Darmfaserblatte und den Urwirbelsträngen tritt frühzeitig noch ein anderes Organ auf, eine dünnwandige Röhre (Fig. 92 *ao*). Das ist die erste Anlage eines grossen Blutgefässes, der Ur-Arterie oder Aorta. Sie entsteht durch Abspaltung aus dem Darmfaserblatte.

Das innere Keimblatt oder das Darmdrüsenblatt (Fig. 92 *dd*) bleibt während dieser Vorgänge ganz unverändert und beginnt erst etwas später eine ganz flache, rinnenförmige Vertiefung in der Mittellinie des Keimschildes, unmittelbar unter der Chorda, zu zeigen. Diese Vertiefung heisst die Darmrinne oder Darmfurche. Sie deutet uns bereits das künftige Schicksal dieses Keimblattes an. Indem nämlich die Darmrinne sich allmählich vertieft und ihre unteren Begrenzungsränder sich gegen einander krümmen, gestaltet sie sich in ähnlicher Weise zu einem geschlossenen Rohr, dem Darmrohr, wie vorher die Rückenfurche zum Markrohr wurde (Fig. 92). Das Darmfaserblatt (*f*), welches dem Darmdrüsenblatt (*d*) anliegt, folgt natürlich der Krümmung des letzteren. Mithin wird von Anfang an die entstehende Darmwand aus zwei Schichten zusammengesetzt, inwendig aus dem Darmdrüsenblatt, auswendig aus dem Darmfaserblatt.

Die Bildung des Darmrohres ist derjenigen des Markrohres insofern ähnlich, als in beiden Fällen zunächst in der Mittellinie eines flachen Keimblattes eine geradlinige Rinne oder Furche entsteht. Darauf krümmen sich die Ränder dieser Furche gegen einander und

verwachsen zu einem Rohre (Fig. 93). Aber doch sind beide Vorgänge im Grunde sehr verschieden. Denn das Markrohr schliesst sich in

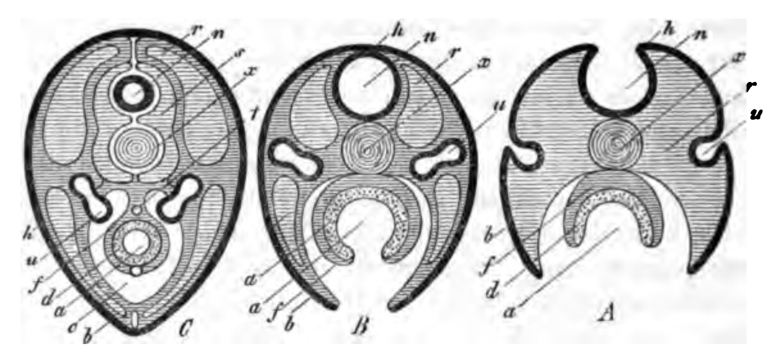


Fig. 93.

seiner ganzen Länge zu einer cylindrischen Röhre, während das Darmrohr in der Mitte offen bleibt und die Höhlung desselben noch sehr lange in Zusammenhang mit der Höhlung der Keimdarmblase steht. Die offene Verbindung zwischen beiden Höhlungen schliesst sich erst sehr spät, bei Bildung des Nabels. Die Schliessung des Markrohres erfolgt von beiden Seiten her, indem die Ränder der Rückenfurche von rechts und von links her mit einander verwachsen. Die Schliessung des Darmrohres hingegen erfolgt nicht bloss von rechts und von links, sondern gleichzeitig auch von vorn und von hinten her, indem die Ränder der Darmrinne von allen Seiten her gegen den Nabel zusammen wachsen. Ueberhaupt steht dieser ganze Vorgang der secundären Darmbildung bei den drei höheren Wirbelthier-Classen im engsten Zusammenhange mit der Nabelbildung, mit der Abschnürung des Embryo von dem Dottersack oder der Nabelblase. (Vergl. Fig. 70, S. 229 und Taf. V, Fig. 14, 15).

Fig. 93. Drei schematische Querschnitte durch den Keimschild des höheren Wirbelthieres, um die Entstehung der röhrenförmigen Organ-Anlagen aus den gekrümmten Keimblättern zu zeigen. In Fig. *A* sind Markrohr (*n*) und Darmrohr (*a*) noch offene Rinnen; die Urnieren (*u*) sind noch einfache Hautdrüsen. In Fig. *B* ist das Markrohr (*n*) und die Rückenwand bereits geschlossen, während das Darmrohr (*a*) und die Bauchwand noch offen sind; die Urnieren sind abgeschnürt. In Fig. *C* ist sowohl oben das Markrohr und die Rückenwand, als unten das Darmrohr und die Bauchwand geschlossen. Aus allen offenen Rinnen sind geschlossene Röhren geworden; die Urnieren sind nach innen gewandert. Die Buchstaben bedeuten in allen drei Figuren dasselbe: *h* Hautsinnesblatt. *n* Markrohr oder Medullarrohr. *u* Urnieren. *x* Axenstab. *s* Wirbel-Anlage. *r* Rückenwand. *b* Bauchwand. *c* Leibeshöhle oder Coelom. *f* Darmfaserblatt. *t* Urarterie (Aorta). *v* Urvene (Darm-Vene). *d* Darmdrüsenblatt. *a* Darmrohr. (Vergl. Taf. IV und V.)

Um hier Klarheit zu gewinnen, müssen Sie das Verhältniss des Keimschildes zum Fruchthof und zur Keimdarmblase scharf in's Auge fassen. Das geschieht am besten durch Vergleichung der fünf Stadien, welche Fig. 94 Ihnen im Längsschnitt vorführt. Der Keimschild (*e*) der anfangs nur wenig über die Fläche des Fruchthofs hervorragt, beginnt bald sich stärker über dieselbe zu erheben und von der Keimdarmblase abzuschnüren. Dabei zeigt der Keimschild, von der Rückenfläche betrachtet, immer noch die ursprüngliche einfache Sohlenform (Fig. 86, 87, S. 240). Von einer Gliederung in Kopf, Hals, Rumpf u. s. w., sowie von Gliedmaassen ist noch Nichts zu bemerken, Aber in der Dicke ist der Keimschild mächtig gewachsen, besonders im vorderen Theile. Er tritt jetzt als ein dicker, länglich runder Wulst stark gewölbt über die Fläche des Fruchthofes hervor. Nun beginnt er sich von der Keimdarmblase, mit welcher er an der Bauchfläche zusammenhängt, vollständig abzuschnüren und zu emancipiren. Indem diese Abschnürung fortschreitet, krümmt sich sein Rücken immer stärker; in demselben Verhältnisse, als der Embryo wächst und grösser wird, nimmt die Keimblase ab und wird kleiner, und zuletzt hängt die letztere nur noch als ein kleines Bläschen aus dem Bauche des Embryo hervor (Fig. 94, $_5$ *ds*). Zunächst entsteht in Folge der Wachsthumsvorgänge, die diese Abschnürung bewirken, rings um den Embryo-Körper auf der Oberfläche der Keimblase eine furchenartige Vertiefung, die wie ein Graben den ersteren rings umgiebt, und nach aussen von diesem Graben bildet sich durch Erhebung der anstossenden Theile der Keimblase ein ringförmiger Wall oder Damm (Fig. 94,$_2$ *ks*).

Um diesen wichtigen Vorgang klar zu übersehen, wollen wir den Embryo mit einer Festung vergleichen, die von Graben und Wall umgeben ist. Dieser Graben besteht aus dem äusseren Theile des Fruchthofes und hört auf, wo der Fruchthof in die Keimdarmblase übergeht. Die wichtige Spaltung in dem mittleren Keimblatte, welche die Bildung der Leibeshöhle veranlasst, setzt sich peripherisch über den Bezirk des Embryo auf den ganzen Fruchthof fort. Zunächst reicht dieses mittlere Keimblatt bloss so weit, wie der Fruchthof; der ganze übrige Theil der Keimdarmblase besteht anfangs nur aus den zwei ursprünglichen Keimblättern, dem äusseren und inneren Keimblatt. So weit also der Fruchthof reicht, spaltet sich das mittlere Keimblatt ebenfalls in die beiden Ihnen bereits bekannten Lamellen, in das äussere Hautfaserblatt und in das innere Darmfaserblatt. Diese beiden Lamellen weichen weit auseinander, indem sich zwischen

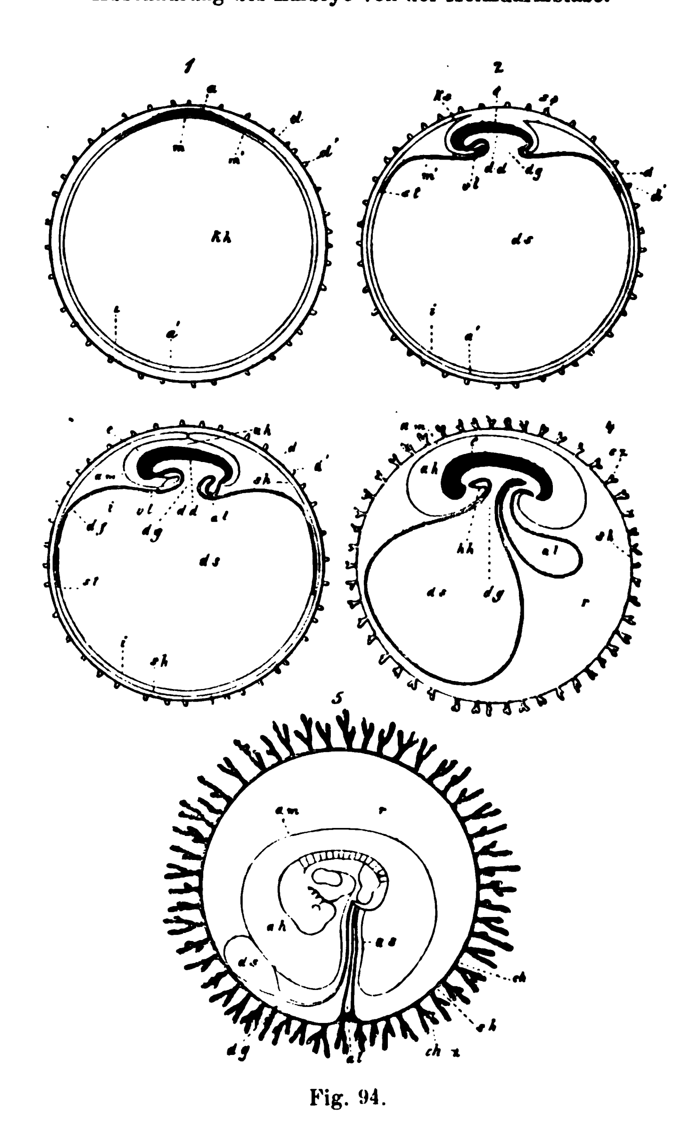


Fig. 94.

Fig. 94. Fünf schematische Längsschnitte durch den reifenden Säugethier-Keim und seine Eihüllen. In Fig. 1—4 geht der Längsschnitt durch die Sagittal-Ebene oder die Mittelebene des Körpers, welche rechte und linke Hälfte scheidet; in Fig. 5 ist der Keim von der linken Seite gesehen. In Fig. 1 umschliesst das mit Zotten (*d'*) besetzte Prochorion (*d*) die Keimblase, deren Wand aus den beiden primären Keimblättern besteht. Zwischen dem äusseren (*a*) und inneren (*i*) Keimblatte hat sich im Bezirke des Fruchthofes das mittlere Keimblatt (*m*) entwickelt. In Fig. 2 beginnt der Embryo (*e*) sich von der Keimblase (*ds*) abzuschnüren, während sich rings um ihn der Wall der Amnionfalte erhebt (vorn als Kopfscheide, *ks*, hinten als Schwanzscheide, *ss*). In Fig. 3 stossen die Ränder der Amnionfalte (*am*) oben über dem Rücken des Embryo zusammen und bilden so die Amnionhöhle (*ah*); indem sich der Embryo (*e*) stärker

beiden eine helle Flüssigkeit ansammelt (Fig. 94[3], *am*). Die innere Lamelle, das Darmfaserblatt, bleibt auf dem inneren Blatte der Keimdarmblase (auf dem Darmdrüsenblatte) liegen. Die äussere Lamelle hingegen, das Hautfaserblatt, legt sich eng an das äussere Blatt des Fruchthofes, an das Hautsinnesblatt an und hebt sich mit diesem zusammen von der Keimdarmblase ab. Aus diesen beiden vereinigten äusseren Lamellen entsteht nun eine zusammenhängende Haut. Das ist der ringförmige Wall, welcher rings um den ganzen Embryo immer höher und höher sich erhebt und schliesslich über demselben zusammenwächst (Fig. 94, $_{2}$, $_{3}$, $_{4}$, $_{5}$, *am*). Um das vorhin gebrauchte Bild der Festung beizubehalten, stellen Sie sich vor, dass der Ring-Wall der Festung ausserordentlich hoch wird und die Festung weit überragt. Seine Ränder wölben sich wie die Kämme einer überhängenden Felswand, welche die Festung einschliessen will; sie bilden eine tiefe Höhle und wachsen schliesslich oben zusammen. Zuletzt liegt die Festung ganz innerhalb der Höhle, die durch Verwachsung der Ränder dieses gewaltigen Walles entstanden ist. (Vergl. Fig. 95—98, S. 254, und Taf. V, Fig. 14.)

Indem in dieser Weise die beiden äusseren Schichten des Fruchthofes sich faltenförmig rings um den Embryo erheben und darüber zusammen wachsen, bilden sie schliesslich eine geräumige, sackförmige Hülle um denselben. Diese Hülle führt den Namen F r u c h t - h a u t oder Wasserhaut, A m n i o n (Fig. 94 *am*). Der Embryo schwimmt in einer wässerigen Flüssigkeit, welche den Raum zwischen Embryo und Amnion ausfüllt und Amnion-Wasser oder F r u c h t - w a s s e r genannt wird (Fig. 94, $_{4}$, $_{5}$ *ah*). Später kommen wir auf die Bedeutung dieser merkwürdigen Bildung zurück. Zunächst ist sie für uns von keinem Interesse, weil sie in keiner directen Beziehung zur Körperbildung steht.

Unter den verschiedenen Anhängen, deren Bedeutung wir später erkennen werden, wollen wir vorläufig noch die Allantois und

---

von der Keimblase (*ds*) abschnürt, entsteht der Darmcanal (*dd*), aus dessen hinterem Ende die Allantois hervorwächst (*al*). In Fig. 4 wird die Allantois (*al*) grösser; der Dottersack (*ds*) kleiner. In Fig. 5 zeigt der Embryo bereits die Kiemenspalten und die Anlagen der beiden Beinpaare; das Chorion hat verästelte Zotten gebildet. In allen 5 Figuren bedeutet: *e* Embryo. *a* Aeusseres Keimblatt. *m* Mittleres Keimblatt. *i* Inneres Keimblatt. *am* Amnion. (*ks* Kopfscheide. *ss* Schwanzscheide). *ah* Amnion-Höhle. *as* Amnionscheide des Nabelstranges. *kh* Keimdarmblase. *ds* Dottersack (Nabelblase). *dg* Dottergang. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *al* Allantois. *vl*=*hh* Herzgegend. *d* Dotterhaut oder Prochorion. *d'* Zöttchen desselben. *sh* Seröse Hülle. *sz* Zotten derselben. *ch* Zottenhaut oder Chorion. *chz* Zotten desselben. *st* Terminal-Vene. *r* Der mit Flüssigkeit gefüllte Raum zwischen Amnion und Chorion. (Nach KÖLLIKER.) Vergl. Taf. V, Fig. 14 und 15.

den Dottersack nennen. Die Allantois oder der Harnsack (Fig. 94, $_{3,4}$ *al*) ist eine birnförmige Blase, welche aus dem hintersten Theile des Darmcanales hervorwächst; ihr innerstes Stück verwandelt sich späterhin in die Harnblase; ihr äusserstes Stück bildet mit seinen Gefässen die Grundlage des Gefässkuchens oder der Placenta. Vor der Allantois tritt aus dem offenen Bauche des Embryo der Dottersack oder die Nabelblase hervor (Fig. 94, $_{3,4}$ *ds*), der Rest der ursprünglichen Keimdarmblase (Fig. 94, $_1$ *kh*). Bei weiter entwickelten Embryonen, bei denen die Darmwand und die Bauchwand dem Verschluss nahe ist, hängt dieselbe als ein kleines gestieltes Bläschen aus der Nabelöffnung hervor (Fig. 94, $_{4,5}$ *ds*). Ihre Wand besteht aus zwei Schichten: innen aus dem Darmdrüsenblatt, aussen aus dem Darmfaserblatt. Sie ist also eine directe Fortsetzung der Darmwand selbst. Je grösser der Embryo wird, desto kleiner wird dieser Dottersack. Anfänglich erscheint der Embryo nur als ein kleiner Anhang an der grossen Keimdarmblase. Später hingegen erscheint umgekehrt der Dottersack oder der Rest der Keimdarmblase nur als kleiner beutelförmiger Anhang des Embryo (Fig. 70). Er verliert schliesslich alle Bedeutung. Die sehr weite Oeffnung, durch welche anfangs die Darmhöhle mit der Nabelblase communicirt, wird später immer enger und verschwindet endlich ganz. Der Nabel, die kleine grubenförmige Vertiefung, welche man beim entwickelten Menschen in der Mitte der Bauchwand vorfindet, ist diejenige Stelle, an welcher ursprünglich der Rest der Keimdarmblase, die Nabelblase, in die Bauchhöhle eintrat und mit dem sich bildenden Darm zusammenhing. (Vergl. Fig. 14 und 15 auf Taf. V.)

Die Entstehung des Nabels fällt mit dem vollständigen Verschluss der äusseren Bauchwand zusammen. Die Bauchwand entsteht in ähnlicher Weise, wie die Rückenwand. Beide werden wesentlich vom Hautfaserblatte gebildet und äusserlich von der Hornplatte, dem peripherischen Theile des Hautsinnesblattes, überzogen. Beide kommen dadurch zu Stande, dass sich das animale Keimblatt in ein doppeltes Rohr verwandelt: oben am Rücken den Wirbel-Canal, der das Markrohr umschliesst, unten am Bauche die Wand der Leibeshöhle, welche das Darmrohr enthält (Fig. 93, S. 248).

Wir wollen zuerst die Bildung der Rückenwand und dann die der Bauchwand betrachten (Fig. 95—98). In der Mitte der Rückenfläche des Embryo liegt ursprünglich, wie Sie wissen, unmittelbar unter der Hornplatte (*h*) das Markrohr (*mr*), welches sich von deren mittlerem Theile abgeschnürt hat. Später aber wachsen die Urwirbel-

platten (*uw*) von rechts und von links her zwischen diese beiden ursprünglich zusammenhängenden Theile hinein (Fig. 97, 98). Die oberen inneren Ränder beider Urwirbelplatten schieben sich zwischen Hornplatte und Markrohr hinein, drängen beide auseinander und verwachsen schliesslich zwischen denselben in einer Naht, die der Mittellinie des Rückens entspricht. Der Verschluss erfolgt ganz nach Art des Markrohres, welches nunmehr ganz von diesem Wirbelrohr umschlossen wird. So entsteht die Rückenwand, und so kommt das Markrohr ganz nach innen zu liegen (Fig. 98). Ebenso wächst später die Urwirbelmasse unten rings um die Chorda dorsalis herum und bildet hier die Wirbelsäule. Hier unten spaltet sich der innere untere Rand der Urwirbelplatten jederseits in zwei Lamellen, von denen sich die obere zwischen Chorda und Markrohr, die untere hingegen zwischen Chorda und Darmrohr einschiebt. Indem sich beide Lamellen von beiden Seiten her über und unter der Chorda begegnen, umschliessen sie dieselbe völlig und bilden so die röhrenförmige, äussere Chorda-Scheide, die skeletbildende Schicht, aus welcher die Wirbelsäule hervorgeht (Fig. 97, 98). (Vergl. Fig. 3—6 auf Taf. IV und den folgenden Vortrag.)

Ganz ähnliche Vorgänge wie hier oben am Rücken, bei Bildung der Rückenwand, treffen wir unten am Bauche bei Entstehung der Bauchwand an (Fig. 98 *bh*). Hier wachsen nämlich die Seitenplatten auf dieselbe Weise rings um den Darm zusammen, wie der Darm selbst sich schloss. Der äussere Theil der Seitenplatten bildet die Bauchwand oder die untere Leibeswand, indem an der inneren Seite der vorhin berührten Amnionfalte sich beide Seitenplatten stärker krümmen und von rechts und links her einander entgegenwachsen. Während der Darmcanal sich schliesst, erfolgt gleichzeitig von allen Seiten her auch die Schliessung der Leibeswand. Also auch die Bauchwand, welche die ganze Bauchhöhle unten umschliesst, entsteht wieder aus zwei Hälften, aus den beiden gegen einander gekrümmten Seitenplatten. Diese wachsen von allen Seiten her gegen einander zusammen und vereinigen sich endlich in der Mitte im Nabel. Wir haben also eigentlich einen doppelten Nabel zu unterscheiden, einen inneren und einen äusseren. Der innere oder Darmnabel ist die definitive Verschlussstelle der Darmwand, durch welche die offene Communication zwischen der Darmhöhle und der Höhle des Dottersackes aufgehoben wird (Fig. 70). Der äussere oder Hautnabel ist die definitive Verschlussstelle der Bauchwand, welche auch beim erwachsenen Menschen äusserlich als Grube sichtbar ist. Jedesmal

sind zwei secundäre Keimblätter bei der Verwachsung betheiligt; bei der Darmwand das Darmdrüsenblatt und Darmfaserblatt, bei der Bauchwand das Hautfaserblatt und Hautsinnesblatt. Es geht also die

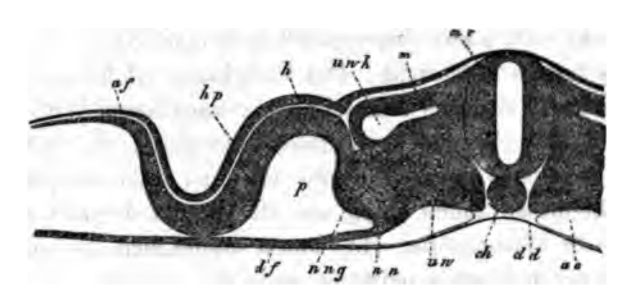


Fig. 95.

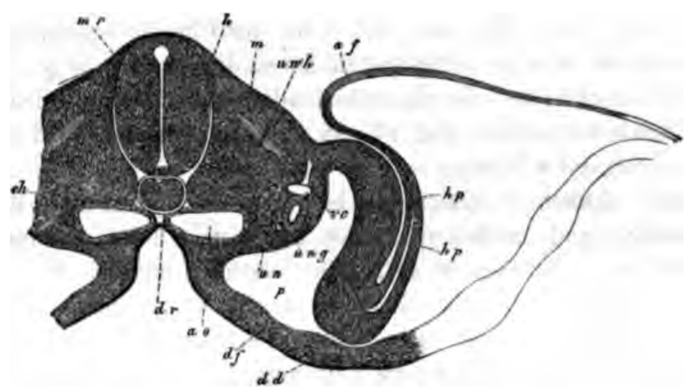


Fig. 96.

Darmwand als Ganzes eigentlich ebenso aus dem Entoderm hervor, wie die Bauchwand (und überhaupt die gesammte Leibeswand) aus dem Exoderm. [95])

Fig. 95—98. Querschnitte durch Embryonen (von Hühnern). Fig. 95 vom zweiten, Fig. 96 vom dritten, Fig. 97 vom vierten und Fig. 98 vom fünften Tage der Bebrütung. Fig. 95—97, nach KÖLLIKER, gegen 100mal vergrössert; Fig. 98 nach REMAK, etwa 20mal vergrössert. *h* Hornplatte. *mr* Markrohr. *ung* Urnierengang. *un* Urnierenbläschen. *hp* Hautfaserblatt. *m* = *mu* = *mp* Muskelplatte. *uw* Urwirbelplatte (*wh* häutige Anlage des Wirbelkörpers, *wb* des Wirbelbogens, *wq* der Rippe oder des Querfortsatzes). *uwh* Urwirbelhöhle. *ch* Axenstab oder Chorda. *sh* Chordascheide. *bh* Bauchwand. *g* hintere, *v* vordere Rückenmarks-Nervenwurzel, *a* = *af* = *am* Amnionfalte. *p* Leibeshöhle oder Coelom. *df* Darmfaserblatt. *ao* primitive Aorten. *sa* secundäre Aorta. *vc* Cardinal-Venen. *d* = *dd* Darmdrüsenblatt. *dr* Darmrinne. In Fig. 95 ist der grösste Theil der rechten Hälfte, in Fig. 96 der grösste Theil der linken Hälfte des Querschnittes weggelassen. Von dem Dottersack oder dem Rest der Keimblase ist unten nur ein kleines Stück Wand gezeichnet. (Vergl. die Querschnitte Taf. IV. Fig. 3—6).



Fig. 97.

Fig. 98.

Die Vorgänge, durch welche dergestalt aus der vierblätterigen Keimscheibe die doppelt-röhrenförmige Anlage des Körpers entsteht,

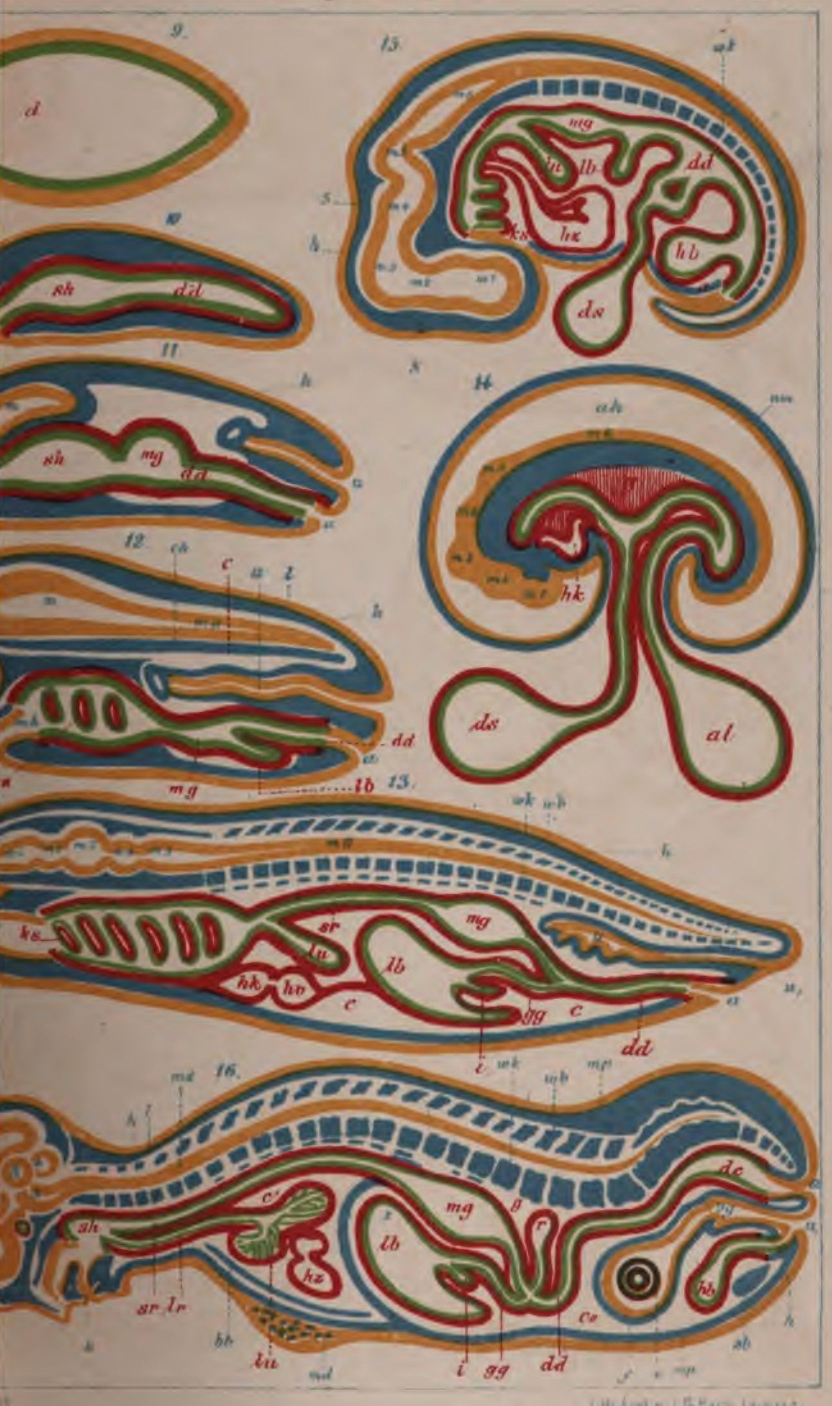
sind also eigentlich, wie Sie sehen, sehr einfach. Aber sie sind trotzdem anfangs nicht leicht zu begreifen und schwer darzustellen. Ich bezweifele nicht, dass Ihnen sehr Vieles jetzt noch unklar geblieben sein wird, besonders da viele von Ihnen gar nicht mit anatomischen Form-Verhältnissen vertraut sein werden. Wenn Sie aber die später folgenden Entwickelungsstadien genau in Betracht ziehen werden, welche die bisher betrachteten erläutern, und wenn Sie namentlich die sämmtlichen, in den vorhergehenden Figuren, sowie auf Taf. IV dargestellten Querschnitte des ausgebildeten Wirbelthierkörpers und seines Keimes sorgfältig vergleichen, so müssen Ihnen, wie ich denke, die Grundzüge in der Ontogenese des Säugethierkörpers klar werden. Die genaue und denkende Vergleichung der Querschnitte ist für diese Erkenntniss überaus wichtig.

Freilich kann aber das tiefere phylogenetische Verständniss dieser verwickelten Vorgänge nur durch die vergleichende Anatomie und Ontogenie gewonnen werden. Mit ihrer Hülfe erkennen wir, dass die hier geschilderten ontogenetischen Processe der Wirbelthier-Bildung als cenogenetische zu beurtheilen sind, welche sich durch fortgesetzte embryonale Anpassung sehr weit von der ursprünglichen palingenetischen Bildung entfernt haben. Die letztere hat unter allen heute noch lebenden Wirbelthieren einzig und allein der Amphioxus durch zähe Vererbung annähernd conservirt. Vergl. den XIII. und XIV. Vortrag.)

Gar keine Berücksichtigung haben bis jetzt die verschiedenen Abschnitte des Körpers gefunden, welche wir seiner Länge nach unterscheiden: Kopf, Hals, Brust, Unterleib, Schwanz u. s. w. Für diese ist die Betrachtung der Querschnitte nicht ausreichend, und werden wir daher jetzt zunächst die Gliederung des Säugethier-Körpers in der Längsaxe näher in Betracht zu ziehen haben.



E. Haeckel, del. Lith Anst. v. J. G. Bach, Leipzig


9.
d
10
sh
dd
11
sh
mg
dd
12
c
l
mg
dd
lb
13
mg
lb
dd
hb
hz
ks
ds
14
ah
hk
ds
al
15
ks
sr
lu
hk
hv
c
gg
dd
i
16
sh
c'
mg
lb
hz
sr
lr
lu
i
gg
dd
hb
dc
r

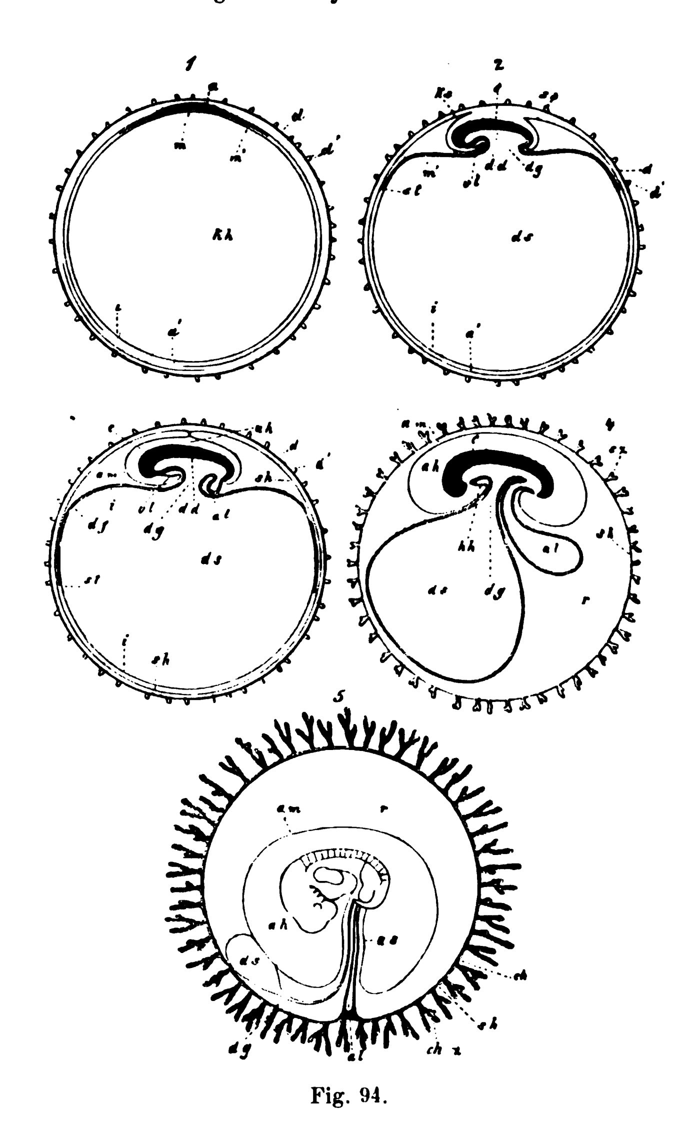


Fig. 94.

Fig. 94. Fünf schematische Längsschnitte durch den reifenden Säugethier-Keim und seine Eihüllen. In Fig. 1—4 geht der Längsschnitt durch die Sagittal-Ebene oder die Mittelebene des Körpers, welche rechte und linke Hälfte scheidet; in Fig. 5 ist der Keim von der linken Seite gesehen. In Fig. 1 umschliesst das mit Zotten (*d'*) besetzte Prochorion (*d*) die Keimblase, deren Wand aus den beiden primären Keimblättern besteht. Zwischen dem äusseren (*a*) und inneren (*i*) Keimblatte hat sich im Bezirke des Fruchthofes das mittlere Keimblatt (*m*) entwickelt. In Fig. 2 beginnt der Embryo (*e*) sich von der Keimblase (*ds*) abzuschnüren, während sich rings um ihn der Wall der Amnionfalte erhebt (vorn als Kopfscheide, *ks*, hinten als Schwanzscheide, *ss*). In Fig. 3 stossen die Ränder der Amnionfalte (*am*) oben über dem Rücken des Embryo zusammen und bilden so die Amnionhöhle (*ah*); indem sich der Embryo (*e*) stärker

beiden eine helle Flüssigkeit ansammelt (Fig. 94^3, *am*). Die innere Lamelle, das Darmfaserblatt, bleibt auf dem inneren Blatte der Keimdarmblase (auf dem Darmdrüsenblatte) liegen. Die äussere Lamelle hingegen, das Hautfaserblatt, legt sich eng an das äussere Blatt des Fruchthofes, an das Hautsinnesblatt an und hebt sich mit diesem zusammen von der Keimdarmblase ab. Aus diesen beiden vereinigten äusseren Lamellen entsteht nun eine zusammenhängende Haut. Das ist der ringförmige Wall, welcher rings um den ganzen Embryo immer höher und höher sich erhebt und schliesslich über demselben zusammenwächst (Fig. 94, $_{2, 3, 4, 5}$, *am*). Um das vorhin gebrauchte Bild der Festung beizubehalten, stellen Sie sich vor, dass der Ring-Wall der Festung ausserordentlich hoch wird und die Festung weit überragt. Seine Ränder wölben sich wie die Kämme einer überhängenden Felswand, welche die Festung einschliessen will; sie bilden eine tiefe Höhle und wachsen schliesslich oben zusammen. Zuletzt liegt die Festung ganz innerhalb der Höhle, die durch Verwachsung der Ränder dieses gewaltigen Walles entstanden ist. (Vergl. Fig. 95—98, S. 254, und Taf. V, Fig. 14.)

Indem in dieser Weise die beiden äusseren Schichten des Fruchthofes sich faltenförmig rings um den Embryo erheben und darüber zusammen wachsen, bilden sie schliesslich eine geräumige, sackförmige Hülle um denselben. Diese Hülle führt den Namen **Fruchthaut** oder **Wasserhaut, Amnion** (Fig. 94 *am*). Der Embryo schwimmt in einer wässerigen Flüssigkeit, welche den Raum zwischen Embryo und Amnion ausfüllt und **Amnion-Wasser** oder **Fruchtwasser** genannt wird (Fig. 94, $_{4, 5}$ *ah*). Später kommen wir auf die Bedeutung dieser merkwürdigen Bildung zurück. Zunächst ist sie für uns von keinem Interesse, weil sie in keiner directen Beziehung zur Körperbildung steht.

Unter den verschiedenen Anhängen, deren Bedeutung wir später erkennen werden, wollen wir vorläufig noch die Allantois und

---

von der Keimblase (*ds*) abschnürt, entsteht der Darmcanal (*dd*), aus dessen hinterem Ende die Allantois hervorwächst (*al*). In Fig. 4 wird die Allantois (*al*) grösser; der Dottersack (*ds*) kleiner. In Fig. 5 zeigt der Embryo bereits die Kiemenspalten und die Anlagen der beiden Beinpaare; das Chorion hat verästelte Zotten gebildet. In allen 5 Figuren bedeutet: *e* Embryo. *a* Aeusseres Keimblatt. *m* Mittleres Keimblatt. *i* Inneres Keimblatt. *am* Amnion. (*ks* Kopfscheide. *ss* Schwanzscheide). *ah* Amnion-Höhle. *as* Amnionscheide des Nabelstranges. *kh* Keimdarmblase. *ds* Dottersack (Nabelblase). *dg* Dottergang. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *al* Allantois. *vl*=*hh* Herzgegend. *d* Dotterhaut oder Prochorion. *d'* Zöttchen desselben. *sh* Seröse Hülle. *sz* Zotten derselben. *ch* Zottenhaut oder Chorion. *chz* Zotten desselben. *st* Terminal-Vene. *r* Der mit Flüssigkeit gefüllte Raum zwischen Amnion und Chorion. (Nach KÖLLIKER.) Vergl. Taf. V, Fig. 14 und 15.

den Dottersack nennen. Die **Allantois** oder der **Harnsack** (Fig. 94, $_{3,4}$ *al*) ist eine birnförmige Blase, welche aus dem hintersten Theile des Darmcanales hervorwächst; ihr innerstes Stück verwandelt sich späterhin in die Harnblase; ihr äusserstes Stück bildet mit seinen Gefässen die Grundlage des Gefässkuchens oder der Placenta. Vor der Allantois tritt aus dem offenen Bauche des Embryo der **Dottersack** oder die **Nabelblase** hervor (Fig. 94, $_{3,4}$ *ds*), der Rest der ursprünglichen **Keimdarmblase** (Fig. 94, $_1$ *kh*). Bei weiter entwickelten Embryonen, bei denen die Darmwand und die Bauchwand dem Verschluss nahe ist, hängt dieselbe als ein kleines gestieltes Bläschen aus der Nabelöffnung hervor (Fig. 94, $_{4, 5}$ *ds*). Ihre Wand besteht aus zwei Schichten: innen aus dem Darmdrüsenblatt, aussen aus dem Darmfaserblatt. Sie ist also eine directe Fortsetzung der Darmwand selbst. Je grösser der Embryo wird, desto kleiner wird dieser Dottersack. Anfänglich erscheint der Embryo nur als ein kleiner Anhang an der grossen Keimdarmblase. Später hingegen erscheint umgekehrt der Dottersack oder der Rest der Keimdarmblase nur als kleiner beutelförmiger Anhang des Embryo (Fig. 70). Er verliert schliesslich alle Bedeutung. Die sehr weite Oeffnung, durch welche anfangs die Darmhöhle mit der Nabelblase communicirt, wird später immer enger und verschwindet endlich ganz. Der **Nabel**, die kleine grubenförmige Vertiefung, welche man beim entwickelten Menschen in der Mitte der Bauchwand vorfindet, ist diejenige Stelle, an welcher ursprünglich der Rest der Keimdarmblase, die Nabelblase, in die Bauchhöhle eintrat und mit dem sich bildenden Darm zusammenhing. (Vergl. Fig. 14 und 15 auf Taf. V.)

Die Entstehung des Nabels fällt mit dem vollständigen Verschluss der äusseren Bauchwand zusammen. Die Bauchwand entsteht in ähnlicher Weise, wie die Rückenwand. Beide werden wesentlich vom Hautfaserblatte gebildet und äusserlich von der Hornplatte, dem peripherischen Theile des Hautsinnesblattes, überzogen. Beide kommen dadurch zu Stande, dass sich das animale Keimblatt in ein doppeltes Rohr verwandelt: oben am Rücken den Wirbel-Canal, der das Markrohr umschliesst, unten am Bauche die Wand der Leibeshöhle, welche das Darmrohr enthält (Fig. 93, S. 248).

Wir wollen zuerst die Bildung der Rückenwand und dann die der Bauchwand betrachten (Fig. 95—98). In der Mitte der Rückenfläche des Embryo liegt ursprünglich, wie Sie wissen, unmittelbar unter der Hornplatte (*h*) das Markrohr (*mr*), welches sich von deren mittlerem Theile abgeschnürt hat. Später aber wachsen die Urwirbel-

platten (*uw*) von rechts und von links her zwischen diese beiden ursprünglich zusammenhängenden Theile hinein (Fig. 97, 98). Die oberen inneren Ränder beider Urwirbelplatten schieben sich zwischen Hornplatte und Markrohr hinein, drängen beide auseinander und verwachsen schliesslich zwischen denselben in einer Naht, die der Mittellinie des Rückens entspricht. Der Verschluss erfolgt ganz nach Art des Markrohres, welches nunmehr ganz von diesem Wirbelrohr umschlossen wird. So entsteht die Rückenwand, und so kommt das Markrohr ganz nach innen zu liegen (Fig. 98). Ebenso wächst später die Urwirbelmasse unten rings um die Chorda dorsalis herum und bildet hier die Wirbelsäule. Hier unten spaltet sich der innere untere Rand der Urwirbelplatten jederseits in zwei Lamellen, von denen sich die obere zwischen Chorda und Markrohr, die untere hingegen zwischen Chorda und Darmrohr einschiebt. Indem sich beide Lamellen von beiden Seiten her über und unter der Chorda begegnen, umschliessen sie dieselbe völlig und bilden so die röhrenförmige, äussere Chorda-Scheide, die skeletbildende Schicht, aus welcher die Wirbelsäule hervorgeht (Fig. 97, 98). (Vergl. Fig. 3—6 auf Taf. IV und den folgenden Vortrag.)

Ganz ähnliche Vorgänge wie hier oben am Rücken, bei Bildung der Rückenwand, treffen wir unten am Bauche bei Entstehung der Bauchwand an (Fig. 98 *bh*). Hier wachsen nämlich die Seitenplatten auf dieselbe Weise rings um den Darm zusammen, wie der Darm selbst sich schloss. Der äussere Theil der Seitenplatten bildet die Bauchwand oder die untere Leibeswand, indem an der inneren Seite der vorhin berührten Amnionfalte sich beide Seitenplatten stärker krümmen und von rechts und links her einander entgegenwachsen. Während der Darmcanal sich schliesst, erfolgt gleichzeitig von allen Seiten her auch die Schliessung der Leibeswand. Also auch die Bauchwand, welche die ganze Bauchhöhle unten umschliesst, entsteht wieder aus zwei Hälften, aus den beiden gegen einander gekrümmten Seitenplatten. Diese wachsen von allen Seiten her gegen einander zusammen und vereinigen sich endlich in der Mitte im Nabel. Wir haben also eigentlich einen doppelten Nabel zu unterscheiden, einen inneren und einen äusseren. Der innere oder Darmnabel ist die definitive Verschlussstelle der Darmwand, durch welche die offene Communication zwischen der Darmhöhle und der Höhle des Dottersackes aufgehoben wird (Fig. 70). Der äussere oder Hautnabel ist die definitive Verschlussstelle der Bauchwand, welche auch beim erwachsenen Menschen äusserlich als Grube sichtbar ist. Jedesmal

sind zwei secundäre Keimblätter bei der Verwachsung betheiligt; bei der Darmwand das Darmdrüsenblatt und Darmfaserblatt, bei der Bauchwand das Hautfaserblatt und Hautsinnesblatt. Es geht also die

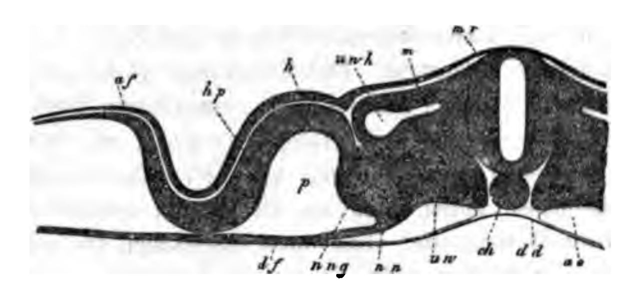


Fig. 95.

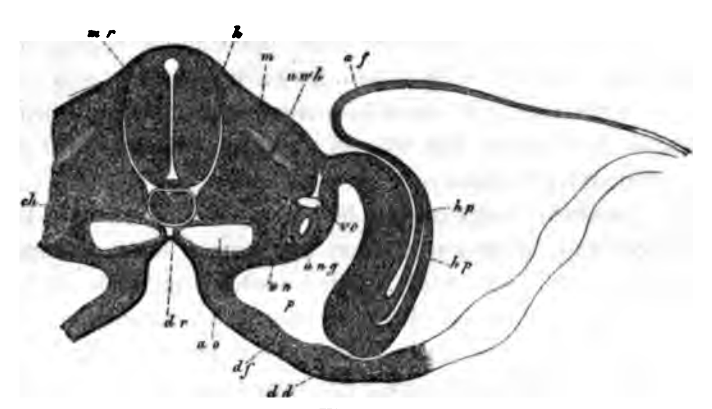


Fig. 96.

Darmwand als Ganzes eigentlich ebenso aus dem Entoderm hervor, wie die Bauchwand (und überhaupt die gesammte Leibeswand) aus dem Exoderm. [95])

Fig. 95—98. Querschnitte durch Embryonen (von Hühnern). **Fig.** 95 **vom zweiten**, **Fig.** 96 vom dritten, **Fig.** 97 vom vierten und **Fig.** 98 vom fünften **Tage** der Bebrütung. **Fig.** 95—97, nach KÖLLIKER, gegen 100mal vergrössert; **Fig.** 98 nach REMAK, etwa 20mal vergrössert. *h* Hornplatte. *mr* Markrohr. *ung* Urnierengang. *un* Urnierenbläschen. *hp* Hautfaserblatt. *m* = *mu* = *mp* Muskelplatte. *uw* Urwirbelplatte (*wh* häutige Anlage des Wirbelkörpers, *wb* des Wirbelbogens, *wq* der Rippe oder des Querfortsatzes). *uwh* Urwirbelhöhle. *ch* Axenstab oder Chorda. *sh* Chordascheide. *bh* Bauchwand. *g* hintere, *v* vordere Rückenmarks-Nervenwurzel, *a* = *af* = *am* Amnionfalte. *p* Leibeshöhle oder Coelom. *df* Darmfaserblatt. *ao* primitive Aorten. *sa* secundäre Aorta. *vc* Cardinal-Venen. *d* = *dd* Darmdrüsenblatt. *dr* Darmrinne. In **Fig.** 95 ist der grösste Theil der rechten Hälfte, in Fig. 96 der grösste Theil der linken Hälfte des Querschnittes weggelassen. Von dem Dottersack oder dem Rest der Keimblase ist unten nur ein kleines Stück Wand gezeichnet. (Vergl. die Querschnitte Taf. IV. Fig. 3—6).

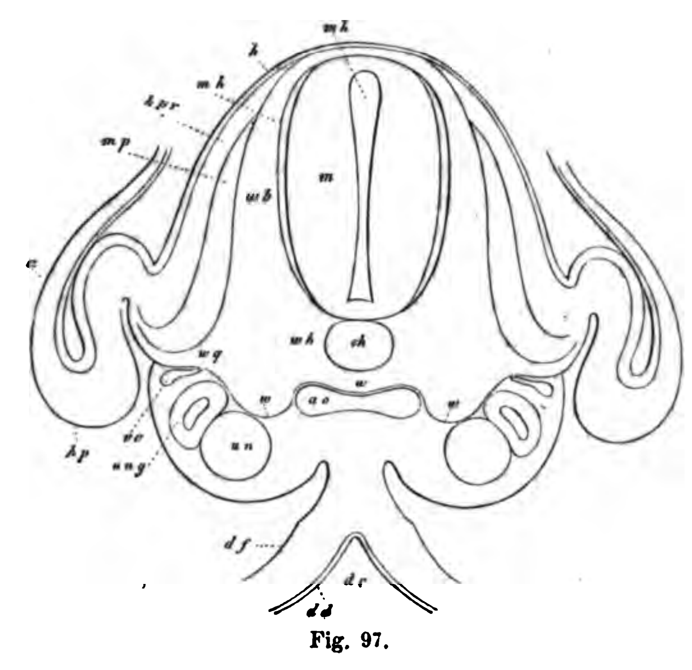


Fig. 97.

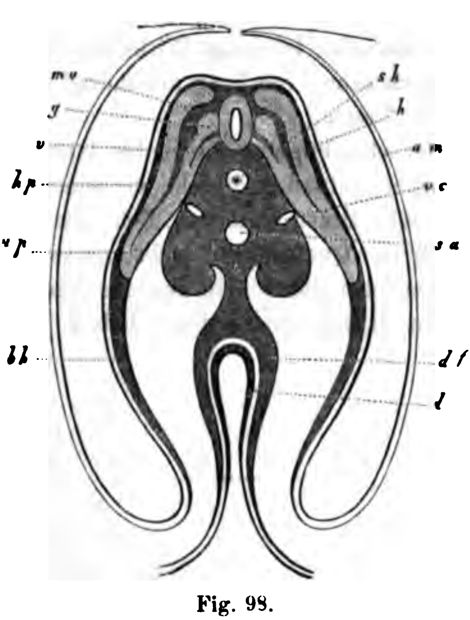


Fig. 98.

Die Vorgänge, durch welche dergestalt aus der vierblätterigen Keimscheibe die doppelt-röhrenförmige Anlage des Körpers entsteht,

sind also eigentlich, wie Sie sehen, sehr einfach. Aber sie sind trotzdem anfangs nicht leicht zu begreifen und schwer darzustellen. Ich bezweifele nicht, dass Ihnen sehr Vieles jetzt noch unklar geblieben sein wird, besonders da viele von Ihnen gar nicht mit anatomischen Form-Verhältnissen vertraut sein werden. Wenn Sie aber die später folgenden Entwickelungsstadien genau in Betracht ziehen werden, welche die bisher betrachteten erläutern, und wenn Sie namentlich die sämmtlichen, in den vorhergehenden Figuren, sowie auf Taf. IV dargestellten Querschnitte des ausgebildeten Wirbelthierkörpers und seines Keimes sorgfältig vergleichen, so müssen Ihnen, wie ich denke, die Grundzüge in der Ontogenese des Säugethierkörpers klar werden. Die genaue und denkende Vergleichung der Querschnitte ist für diese Erkenntniss überaus wichtig.

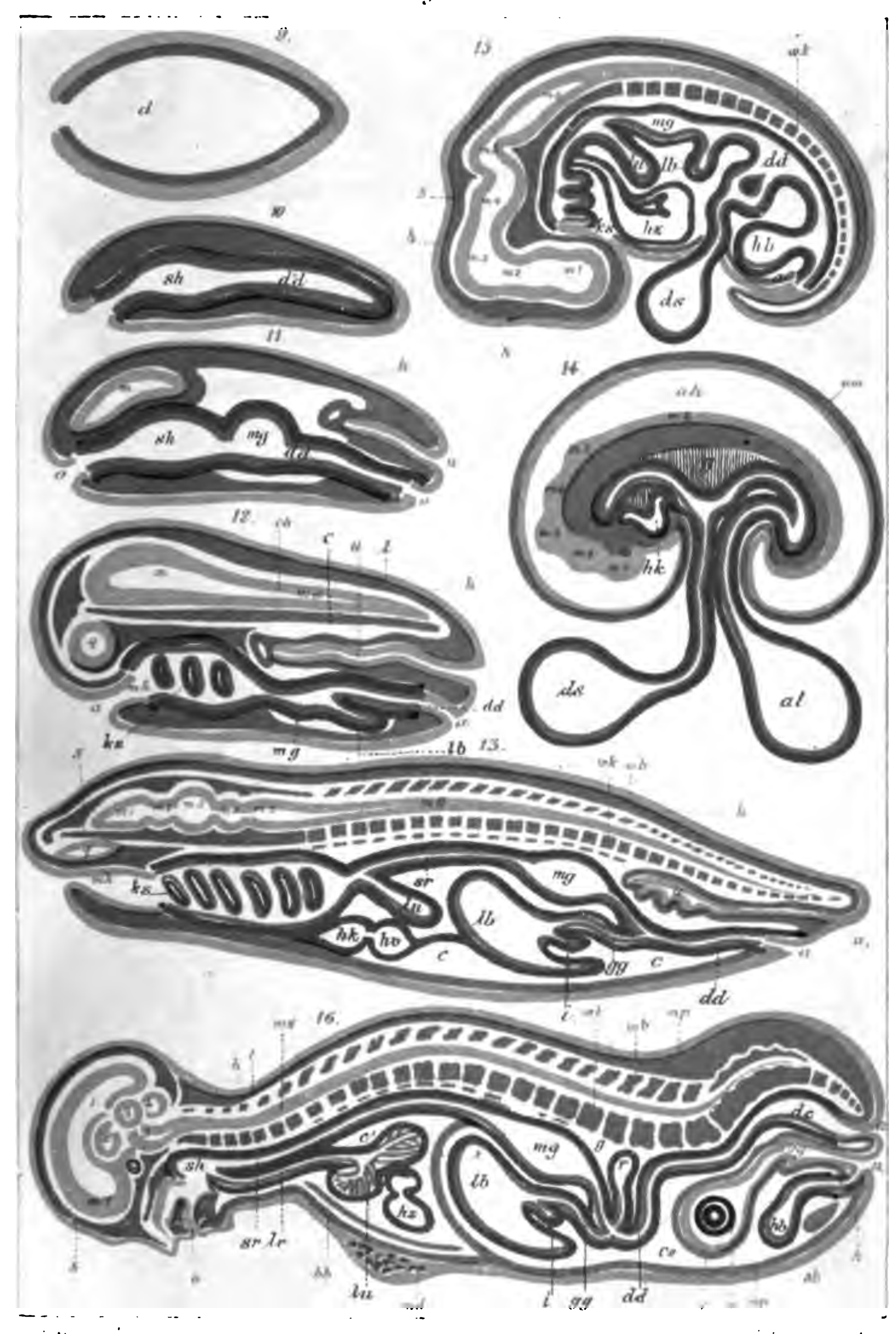
Freilich kann aber das tiefere phylogenetische Verständniss dieser verwickelten Vorgänge nur durch die *vergleichende* Anatomie und Ontogenie gewonnen werden. Mit ihrer Hülfe erkennen wir, dass die hier geschilderten ontogenetischen Processe der Wirbelthier-Bildung als *cenogenetische* zu beurtheilen sind, welche sich durch fortgesetzte embryonale Anpassung sehr weit von der ursprünglichen *palingenetischen* Bildung entfernt haben. Die letztere hat unter allen heute noch lebenden Wirbelthieren einzig und allein der Amphioxus durch zähe Vererbung annähernd conservirt. Vergl. den XIII. und XIV. Vortrag.)

Gar keine Berücksichtigung haben bis jetzt die verschiedenen Abschnitte des Körpers gefunden, welche wir seiner Länge nach unterscheiden: Kopf, Hals, Brust, Unterleib, Schwanz u. s. w. Für diese ist die Betrachtung der Querschnitte nicht ausreichend, und werden wir daher jetzt zunächst die Gliederung des Säugethier-Körpers in der Längsaxe näher in Betracht zu ziehen haben.




1.
3.
2.
4.
5.
6.
7.
8.

Längenschnitte



Erklärung von Tafel IV und V.

Die beiden Tafeln IV und V sollen den Aufbau des menschlichen Körpers aus den Keimblättern theils ontogenetisch, theils phylogenetisch erläutern; Taf. IV enthält nur schematische Querschnitte (durch die Pfeilaxe und die Queraxe); Taf. V enthält nur schematische Längsschnitte (durch die Pfeilaxe und die Längsaxe), von der linken Seite betrachtet. Ueberall sind die vier secundären Keimblätter und ihre Producte durch dieselben vier Farben bezeichnet, und zwar: 1) das Hautsinnesblatt orange, 2) das Hautfaserblatt blau, 3) das Darmfaserblatt roth, und 4) das Darmdrüsenblatt grün. Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe. Nur in Fig. 1 und 9 sind die beiden primären Keimblätter dargestellt und zwar das äussere oder Hautblatt orange, das innere oder Darmblatt grün. In allen Figuren ist die Rückenfläche des Körpers nach oben, die Bauchfläche nach unten gekehrt. Alle Organe, welche aus dem Hautblatt entstehen, sind mit blauen, alle Organe, welche aus dem Darmblatt entstehen, mit rothen Buchstaben bezeichnet.[97]

Taf. IV. Schematische Querschnitte.

Fig. 1. Querschnitt durch die Gastrula (vgl. Fig. 9, Längsschnitt, und Fig. 22—29, S. 159). Der ganze Körper ist Darmrohr (*d*); die Wand desselben besteht nur aus den beiden primären Keimblättern.

Fig. 2. Querschnitt durch die Amphioxus-Larve, in dem frühen Stadium, in welchem der Leib bloss aus den vier secundären Keimblättern besteht. Das Darmrohr (*d*), aus dem Darmblatt gebildet, ist durch die Leibeshöhle (*c*) von der Leibeswand getrennt, die vom Hautblatt gebildet wird.

Fig. 3. Querschnitt durch die Keimscheibe des höheren Wirbelthieres, mit der Anlage der ältesten Organe. (Vergl. den Querschnitt des Hühnerkeims vom zweiten Brütetage, Fig. 92.) Das Markrohr (*m*) und die Urnieren (*u*) sind von der Hornplatte (*h*) abgeschnürt. Beiderseits der Chorda (*ch*) haben sich die Urwirbel (*uw*) und die Seitenblätter differenzirt. Zwischen dem Hautfaserblatte und dem Darmfaserblatte ist die erste Anlage der Leibeshöhle oder des Coeloms sichtbar (*c*); darunter die beiden primitiven Aorten (*t*).

Fig. 4. Querschnitt durch die Keimscheibe des höheren Wirbelthieres, etwas weiter entwickelt als Fig. 3. (Vergl. den Querschnitt des Hühnchenkeims vom dritten Brütetage, Fig. 95 und 96, S. 254.) Markrohr (*m*) und Chorda (*ch*) beginnen bereits von den Urwirbeln (*uw*) umschlossen zu werden, in denen sich Muskelplatte, Skeletplatte und Nervenwurzeln sondern. Die Urnieren (*u*) sind durch die Lederplatte (*l*) schon vollständig von der Hornplatte (*h*)

getrennt. *c* Leibeshöhle. *t* Aorten. Das Hautblatt erhebt sich rings um den Embryo als Amnionfalte (*am*); dadurch entsteht ein Hohlraum (*g*) zwischen Amnionfalte und Dottersack-Wand (*ds*).

Fig. 5. Querschnitt durch die Beckengegend und die Hinterbeine vom Embryo eines höheren Wirbelthieres. (Vergl. den Querschnitt eines Hühnchen-Keimes vom fünften Brütetage, Fig. 120). Das Markrohr (*m*) ist bereits ganz von beiden Bogen-Hälften des Wirbels (*wb*) umschlossen, ebenso die Chorda und ihre Scheide von beiden Hälften des Wirbelkörpers (*wk*). Die Lederplatte (*l*) hat sich ganz von der Muskelplatte (*mp*) gesondert. Die Hornplatte (*h*) ist an der Spitze der Hinterbeine (*x*) stark verdickt. Die Urnieren (*u*) ragen weit in die Leibeshöhle (*c*) vor, und liegen ganz nahe dem Keim-Epithel oder der Anlage der Geschlechtsdrüsen (*k*). Das Darmrohr (*d*) ist durch ein Gekröse (*g*) unterhalb der Haupt-Aorta (*t*) und der beiden Cardinalvenen (*n*) an der Rückenfläche der Leibeswand befestigt. Unten ist mitten in der Bauchwand der Stiel der Allantois sichtbar (*al*).

Fig. 6. Querschnitt durch einen entwickelten Urfisch (oder ein anderes niederes Wirbelthier). Die Theile verhalten sich im Ganzen wie bei dem vorigen Querschnitte Fig. 5 und sind ebenso bezeichnet. Nur sind die Geschlechtsdrüsen (*k*) zu Eierstöcken entwickelt und die Urnieren (*u*) in Eileiter verwandelt, welche offen in die Leibeshöhle münden. Die beiden seitlichen Ausstülpungen (*lb*) des Darmrohres (*d*) deuten Darmdrüsen an (z. B. Lebern). Unter dem Darmrohr liegt in der Darmwand die Darmvene (*v*), über demselben die Aorta (*t*), noch weiter oben die beiden Cardinalvenen (*n*).

Fig. 7. Querschnitt durch einen höheren Wurm (durch den Kopf eines Ringelwurms), um die wesentliche Uebereinstimmung desselben mit den Wirbelthieren in der Zusammensetzung des Körpers aus den vier secundären Keimblättern zu zeigen. Derselbe ist speciell mit dem schematischen Querschnitte des niederen Wirbelthieres Fig. 6 zu vergleichen. *m* Das »Gehirn« oder der »obere Schlundknoten«. Aus dem Hautfaserblatte hat sich die Lederplatte (*l*) und die darunter gelegene Muskelplatte differenzirt. Letztere ist in eine äussere Rings- und eine innere Längs-Muskelschicht gesondert, und die Längsmuskeln sind in Rückenmuskeln (*r*) und Bauchmuskeln (*b*) zerfallen. Beide sind getrennt durch die Urnieren (*u*), welche beim Wurme »Schleifencanäle« heissen und von der Hornplatte (*h*) aus bis in die Leibeshöhle (*c*) sich erstrecken. Die Urnieren öffnen sich hier trichterförmig und führen die Eier aus, welche aus den Eierstöcken (*k*) in die Leibeshöhle fallen. Das Darmrohr (*d*) ist mit Drüsen (Leberschläuchen, *lb*) besetzt. Unterhalb desselben liegt das Bauchgefäss (die »Darmvene«, *v*), oberhalb desselben das Rückengefäss (die »Aorta«, *t*). Die Lagerung und Entstehung aller dieser Urorgane ist beim Menschen und bei jedem anderen Wirbelthiere im Ganzen dieselbe, wie beim Wurme. Der wesentlichste Unterschied besteht darin, dass sich beim Wirbelthiere zwischen Markrohr und Darmrohr die Chorda entwickelt.

Fig. 8. Querschnitt durch den Brustkorb des Menschen. Das Markrohr (*m*) ist ganz von dem entwickelten Wirbel (*w*) ringförmig umschlossen. Von dem Wirbel geht rechts und links eine bogenförmige Rippe ab, welche die Brustwand stützt (*rp*). Unten auf der Bauchfläche liegt zwischen rechter und linker Rippe das Brustbein oder Sternum (*bb*). Aussen über den Rippen (und den Zwischenrippenmuskeln) liegt die äussere Haut, gebildet aus der Lederplatte (*l*) und der Hornplatte (*h*). Die Brusthöhle (oder der vordere Theil des Coeloms,

c), ist grösstentheils von den beiden Lungen (*lu*) eingenommen, in welchen sich baumförmig die Luftröhrenäste verzweigen. Diese münden alle zusammen in die unpaare Luftröhre (*lr*), welche weiter oben am Halse in die Speiseröhre (*sr*) einmündet. Zwischen Darmrohr und Wirbelsäule liegt die Aorta (*t*). Zwischen Luftröhre und Brustbein liegt das Herz, durch eine Scheidewand in zwei Hälften getrennt. Das linke Herz (*hl*) enthält nur arterielles, das rechte (*hr*) nur venöses Blut. Jede Herzhälfte zerfällt durch ein Klappenventil in eine Vorkammer und eine Kammer. Das Herz ist hier schematisch in der (phylogenetisch) ursprünglichen symmetrischen Lagerung (in der Mitte der Bauchseite) dargestellt. Beim entwickelten Menschen und Affen liegt das Herz unsymmetrisch und schief, mit der Spitze nach links.

Taf. V. Schematische Längsschnitte.

Fig. 9. Längsschnitt durch die Gastrula (vergl. Fig. 1, Querschnitt). Die Darmhöhle (*d*) öffnet sich vorn durch die Mundöffnung (*o*). Der Körper besteht bloss aus den beiden primären Keimblättern.

Fig. 10. Längsschnitt durch einen hypothetischen Urwurm (Prothelmis), dessen Körper bloss aus den vier secundären Keimblättern besteht. Das Darmrohr (*d*) ist noch sehr einfach; doch beginnt sich Vorderdarm (*sh*) und Hinterdarm (*dd*) zu sondern. Die Mundöffnung (*o*) ist noch zugleich Afteröffnung.

Fig. 11. Längsschnitt durch einen niederen Coelomaten-Wurm. Das Urhirn (*m*) oder der über dem Schlund gelegene erste Nervenknoten (»Oberer Schlundknoten«) hat sich von der Hornplatte (*h*) abgeschnürt. Das Darmrohr (*d*) hat ausser der vorderen Mundöffnung (*o*) eine zweite, hintere After-Oeffnung erhalten (*a*). Eine Hautdrüse hat sich zur Urniere (*u*) entwickelt und mündet in die Leibeshöhle (*c*), welche sich zwischen Hautfaserblatt und Darmfaserblatt gebildet hat.

Fig. 12. Längsschnitt durch einen hypothetischen Chorda-Wurm (Chordonium), welcher zu den gemeinsamen Stammformen der Wirbelthiere und der Ascidien gehörte. Das Urhirn (*m*) hat sich in ein verlängertes Markrohr ausgezogen. Zwischen Markrohr und Darmrohr (*d*) hat sich die Chorda (*ch*) entwickelt. Das Darmrohr hat sich in zwei verschiedene Abschnitte gesondert, einen vorderen Kiemendarm (mit drei Paar Kiemenspalten, *ks*), welcher zur Athmung dient, und einen hinteren Magendarm (mit einem Leberanhang, *lb*), welcher zur Verdauung dient. Vorn am Kopfende hat sich ein Sinnesorgan (*q*) entwickelt. Die Urniere (*u*) mündet in die Leibeshöhle (*c*).

Fig. 13. Längsschnitt durch einen Urfisch (Proselachius), einen nächsten Verwandten der heutigen Haifische und hypothetischen Vorfahren des Menschen. (Die Flossen sind fortgelassen). Das Markrohr hat sich in die fünf primitiven Hirnblasen (m_1—m_5) und in das Rückenmark (m_6) gesondert (vergl. Fig. 15 und 16). Das Gehirn ist vom Schädel (*s*), das Rückenmark vom Wirbelcanal umschlossen (über dem Rückenmark die Wirbelbogen, *wb*; unter demselben die Wirbelkörper, *wk*; unter letzteren ist der Ursprung der Rippen angedeutet). Vorn hat sich aus der Hornplatte ein Sinnesorgan (*q*—Nase oder Auge), hinten die Urniere (*u*) entwickelt. Das Darmrohr (*d*) hat sich in folgende Theile gesondert: Mundhöhle (*mh*), Schlundhöhle mit sechs Paar Kiemenspalten (*ks*), Schwimmblase (= Lunge, *lu*), Speiseröhre (*sr*), Magen (*mg*), Leber (*lb*) mit der Gallenblase

(*i*), Dünndarm (dd) und Mastdarm mit der Afteröffnung (*a*). Unter der Schlundhöhle liegt das Herz, mit Vorkammer (*hv*) und Herzkammer (*hk*).

Fig. 14. Längsschnitt durch einen menschlichen Embryo von drei Wochen, um das Verhalten des Darmrohres zu den Anhängen zu zeigen. In der Mitte tritt aus dem Darmrohr der langgestielte Dottersack (oder die Nabelblase) hervor (*ds*); ebenso ragt hinten aus dem Darm die langgestielte Allantois hervor (*al*). Unter dem Vorderdarm das Herz (*hz*). *ah* Amnionhöhle.

Fig. 15. Längsschnitt durch einen menschlichen Embryo von fünf Wochen (vergl. Fig. 14). Das Amnion und die Placenta nebst dem Urachus ist weggelassen. Das Markrohr hat sich in die fünf primitiven Hirnblasen (m_1—m_5) und das Rückenmark (m_6) gesondert (vergl. Fig. 13 und 16). Das Gehirn umgiebt der Schädel (*s*); unter dem Rückenmark die Reihe der Wirbelkörper (*wk*). Das Darmrohr hat sich in folgende Abschnitte differenzirt: Schlundhöhle mit drei Paar Kiemenspalten (*ks*), Lunge (*lu*), Speiseröhre (*sr*), Magen (*mg*), Leber (*lb*), Dünndarmschlinge (*dd*), in welche der Dottersack (*ds*) einmündet, Harnblase (*hb*) und Mastdarm. *hz* Herz.

Fig. 16. Längsschnitt durch ein erwachsenes menschliches Weib. Alle Theile sind vollständig entwickelt, um jedoch klar die Verhältnisse der Lagerung und der Beziehung zu den vier secundären Keimblättern darzustellen, schematisch reducirt und vereinfacht. Am Gehirn haben sich die fünf ursprünglichen Hirnblasen (Fig. 15 m_1—m_5) in der nur den höheren Säugethieren eigenthümlichen Weise gesondert und umgebildet: m_1 Vorderhirn oder Grosshirn (alle übrigen vier Hirnblasen überwiegend und bedeckend); m_2 Zwischenhirn oder Sehhügel; m_3 Mittelhirn oder Vierhügel; m_4 Hinterhirn oder Kleinhirn; m_5 Nachhirn oder Nackenmark, übergehend in das Rückenmark (m_6). Das Gehirn ist vom Schädel (*s*), das Rückenmark vom Wirbelcanal umschlossen; über dem Rückenmark die Wirbelbogen und Dornfortsätze (*wb*), unter demselben die Wirbelkörper (*wk*). Das Darmrohr hat sich in folgende hinter einander gelegene Theile gesondert: Mundhöhle, Schlundhöhle (in der früher die Kiemenspalten, *ks*, sich befanden), Luftröhre (*lr*) mit Lunge (*lu*), Speiseröhre (*sr*), Magen (*mg*), Leber (*lb*) mit Gallenblase (*i*), Bauchspeicheldrüse oder Pancreas (*p*), Dünndarm (*dd*) und Dickdarm (*dc*), Mastdarm mit After (*a*). Die Leibeshöhle oder das Coelom (*c*) ist durch das Zwerchfell (*z*) in zwei getrennte Höhlen zerfallen, in die Brusthöhle (c_1), in welcher vor den Lungen das Herz liegt (*hz*), und in die Bauchhöhle, in welcher die meisten Eingeweide liegen. Vor dem Mastdarm liegt die weibliche Scheide (*vg*), welche in den Fruchtbehälter führt (Uterus oder Gebärmutter, *f*); in diesem entwickelt sich der Embryo, hier angedeutet durch eine kleine Keimhautblase (*e*). Zwischen Fruchtbehälter und Schambein (*sb*) liegt die Harnblase (*hb*), der Rest des Allantois-Stieles. Die Hornplatte (*h*) überzieht den ganzen Körper als Oberhaut und kleidet auch die Mundhöhle, die Afterhöhle und die Höhle der Scheide und des Fruchtbehälters aus. Ebenso ist die Milchdrüse (die Brustdrüse oder Mamma, *md*) ursprünglich aus der Hornplatte gebildet.

Alphabetisches Verzeichniss
über die Bedeutung der Buchstaben auf Taf. IV und V.

(*NB.* Das Hautsinnesblatt ist durch orange, das Hautfaserblatt durch blaue, das Darmfaserblatt durch rothe und das Darmdrüsenblatt durch grüne Farbe bezeichnet.)

a	Afteröffnung (*anus*).
ah	Amnionhöhle (Fruchtwasserblase).
al	Allantois (Harnsack).
am	Amnion (Schafhaut).
b	Bauchmuskeln.
bb	Brustbein (*sternum*).
c	Leibeshöhle (*coeloma*).
c,	Brusthöhle (*cavitas pleurae*).
c,,	Bauchhöhle (*cavitas peritonei*).
ch	Axenstab (*chorda*).
d	Darmrohr (*tractus*).
dc	Dickdarm (*colon*).
dd	Dünndarm (*ileum*).
ds	Dottersack (Nabelblase).
e	Embryo oder Keim.
f	Fruchtbehälter (*uterus*).
g	Gekröse (*mesenterium*).
h	Hornplatte (*ceratina*).
hb	Harnblase (*vesica urinae*).
hk	Herzkammer (*ventriculus*).
hl	Linkes (arterielles) Herz.
hr	Rechtes (venöses) Herz.
hv	Herzvorkammer (*atrium*).
hz	Herz (*cor*).
i	Gallenblase (*vesica fellea*).
k	Keimdrüsen (Geschlechtsdrüsen).
ks	Kiemenspalten (Schlundspalten).
l	Lederplatte (*corium*).
lb	Leber (*hepar*).
lr	Luftröhre (*trachea*).
lu	Lunge (*pulmo*).
m	Markrohr (*tubus medullaris*).
m_1—m_5	die fünf Hirnblasen.
m_1	Vorderhirn (Grosshirn).
m_2	Zwischenhirn (Sehhügel).
m_3	Mittelhirn (Vierhügel).
m_4	Hinterhirn (Kleinhirn).
m_5	Nachhirn (Nackenmark).
m_6	Rückenmark (*medulla spinalis*).
md	Milchdrüse (*mamma*).
mg	Magen (*stomachus*).
mh	Mundhöhle.
mp	Muskelplatte (*muscularis*).
n	Cardinal-Venen.
o	Mundöffnung (*osculum*).
p	Bauchspeicheldrüse (*pancreas*).
q	Sinnesorgane.
r	Rückenmuskeln.
rp	Rippen (*costae*).
s	Schädel (*cranium*).
sb	Schambein (*os pubis*).
sh	Schlundhöhle (*pharynx*).
sr	Speiseröhre (*oesophagus*).
t	Aorta (Hauptarterie).
u	Urniere (*protonephron*).
uw	Urwirbel (*metameron*).
v	Darmvene (Urvene).
vg	Scheidencanal (*vagina*).
w	Wirbel (*vertebra*).
wb	Wirbelbogen.
wk	Wirbelkörper.
x	Beine oder Gliedmaassen.
y	Hohlraum zwischen Amnion und Dottersack.
z	Zwerchfell (*diaphragma*).

Querschnitte *Taf. I*



einem dünnen Stiele, welcher der Dottergang ist, aus der Mitte des Darmes heraus (Fig. 94, $_5$, *ds*). Dieser Dottergang besitzt keine bleibende Bedeutung und wird späterhin gleich dem Dottersack selbst völlig rückgebildet und aufgezehrt. Sein Inhalt wird in den Darm aufgenommen, während der Dottergang selbst zuwächst. Die Stelle, wo er sich am Darm ansetzt, ist der »Darmnabel«. Hier erfolgt zuletzt der völlige Verschluss des Darmes. (Vergl. den XII. Vortrag und Taf. V, Fig. 14, 15.)

Aehnlich wie aus dem vegetativen Keimblatte das Darmrohr, entsteht aus dem animalen Keimblatte die äussere Bauchwand, welche die ganze Leibeshöhle und mit derselben den Darm umschliesst. Sie bildet sich aus dem äusseren Theile der Seitenblätter. Wie schon bemerkt, verwachsen die Seitenblätter, welche eine Zeitlang von den Urwirbelsträngen getrennt waren, später wieder mit denselben. Während nun in der eben beschriebenen Weise der innere Theil der Seitenblätter (zum Darmfaserblatte gehörig) die äussere Darmwand bildet, wächst der äussere Theil derselben (zum Hautfaserblatte gehörig) rings um den Darm herum und bewirkt so den Verschluss der Leibeshöhle oder des Coeloms (Vergl. Fig. 100, S. 268). Von allen Seiten her wachsen die Ränder der Bauchplatten, wie dieser Theil der Seitenblätter genannt wird, gegen einander und verengern immer mehr die spaltförmige Bauchöffnung, aus welcher der Dottersack hervorhängt. Schliesslich wird der letztere bei den Säugethieren durch den Verschluss der Bauchplatten vollständig vom Darme abgeschnürt, während er bei den Vögeln und Reptilien in den Darm aufgenommen wird. Die letzte Stelle, an welcher hier die Bauchwand sich schliesst, der letzte Verwachsungspunkt, ist der Bauchnabel, der äusserlich sichtbare Hautnabel, den wir gewöhnlich kurzweg Nabel nennen. Er ist wohl zu unterscheiden von dem inneren Darmnabel, in welchem der centrale Schluss des Darmcanals erfolgt, und von welchem später keine Spur zu finden ist. Mit dem Verschluss des Darmrohres und der Bauchwand ist die Doppelröhren-Form des Wirbelthier-Körpers vollendet.

Ein paar Worte müssen wir noch über die Veränderungen hinzufügen, welche während dieser Processe an den Urnieren und den Blutgefässen vor sich gehen. Die Urnieren, welche anfangs ganz oberflächlich unter der Oberhaut liegen (Fig. 99 *ung*), rücken bald in Folge besonderer Wachsthumsverhältnisse tief nach innen (Fig. 95, 96 *ung*, S. 254); sie liegen zuletzt sehr tief inwendig, unterhalb der Chorda dorsalis (Fig. 97 *un*, S. 255). Ebenso rücken die beiden pri-

Erklärung von Tafel IV und V.

Die beiden Tafeln IV und V sollen den Aufbau des menschlichen Körpers aus den Keimblättern theils ontogenetisch, theils phylogenetisch erläutern; Taf. IV enthält nur schematische Querschnitte (durch die Pfeilaxe und die Queraxe); Taf. V enthält nur schematische Längsschnitte (durch die Pfeilaxe und die Längsaxe), von der linken Seite betrachtet. Ueberall sind die vier secundären Keimblätter und ihre Producte durch dieselben vier Farben bezeichnet, und zwar: 1) das Hautsinnesblatt orange, 2) das Hautfaserblatt blau, 3) das Darmfaserblatt roth, und 4) das Darmdrüsenblatt grün. Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe. Nur in Fig. 1 und 9 sind die beiden primären Keimblätter dargestellt und zwar das äussere oder Hautblatt orange, das innere oder Darmblatt grün. In allen Figuren ist die Rückenfläche des Körpers nach oben, die Bauchfläche nach unten gekehrt. Alle Organe, welche aus dem Hautblatt entstehen, sind mit blauen, alle Organe, welche aus dem Darmblatt entstehen, mit rothen Buchstaben bezeichnet.[97])

Taf. IV. Schematische Querschnitte.

Fig. 1. Querschnitt durch die Gastrula (vgl. Fig. 9, Längsschnitt, und Fig. 22—29, S. 159). Der ganze Körper ist Darmrohr (*d*); die Wand desselben besteht nur aus den beiden primären Keimblättern.

Fig. 2. Querschnitt durch die Amphioxus-Larve, in dem frühen Stadium, in welchem der Leib bloss aus den vier secundären Keimblättern besteht. Das Darmrohr (*d*), aus dem Darmblatt gebildet, ist durch die Leibeshöhle (*c*) von der Leibeswand getrennt, die vom Hautblatt gebildet wird.

Fig. 3. Querschnitt durch die Keimscheibe des höheren Wirbelthieres, mit der Anlage der ältesten Organe. (Vergl. den Querschnitt des Hühnerkeims vom zweiten Brütetage, Fig. 92.) Das Markrohr (*m*) und die Urnieren (*u*) sind von der Hornplatte (*h*) abgeschnürt. Beiderseits der Chorda (*ch*) haben sich die Urwirbel (*uw*) und die Seitenblätter differenzirt. Zwischen dem Hautfaserblatte und dem Darmfaserblatte ist die erste Anlage der Leibeshöhle oder des Coeloms sichtbar (*c*); darunter die beiden primitiven Aorten (*t*).

Fig. 4. Querschnitt durch die Keimscheibe des höheren Wirbelthieres, etwas weiter entwickelt als Fig. 3. (Vergl. den Querschnitt des Hühnchenkeims vom dritten Brütetage, Fig. 95 und 96, S. 254.) Markrohr (*m*) und Chorda (*ch*) beginnen bereits von den Urwirbeln (*uw*) umschlossen zu werden, in denen sich Muskelplatte, Skeletplatte und Nervenwurzeln sondern. Die Urnieren (*u*) sind durch die Lederplatte (*l*) schon vollständig von der Hornplatte (*h*)

Inhalt des elften Vortrages.

Wesentliche Uebereinstimmung in den wichtigsten palingenetischen Keimungs-Vorgängen beim Menschen und bei den übrigen Wirbelthieren. Der menschliche Leib entwickelt sich in derselben Weise aus zwei primären und vier secundären Keimblättern, wie der Leib aller höheren Thiere. Das Hautsinnesblatt bildet die Hornplatte, das Markrohr und die Urnieren. Das mittlere Blatt zerfällt in den centralen Axenstab, die beiden Urwirbelstränge und die beiden Seitenblätter. Letztere spalten sich in Hautfaserblatt und Darmfaserblatt. Das Darmdrüsenblatt bildet das Epithelium des Darmcanales und aller seiner Anhänge. Die ontogenetische und die phylogenetische Spaltung der Keimblätter. Die Bildung des Darmcanales. Die zweiblätterige, kugelige Keimdarmblase der Säugethiere entspricht dem Urdarm. Kopfdarmhöhle und Beckendarmhöhle. Mundgrube und Aftergrube. Secundäre Bildung von Mund und After. Darmnabel und Hautnabel. Wanderung der Urnieren von aussen nach innen. Sonderung von Hirn und Rückenmark. Anlage der Hirnblasen. Die Gliederung oder Metameren-Bildung des Körpers. Die Urwirbel (Rumpf-Glieder oder Metameren). Die Zusammensetzung und Entstehung der Wirbelsäule. Wirbelkörper und Wirbelbogen. Skeletplatte und Muskelplatte. Bildung des Schädels aus den Kopfplatten. Kiemenspalten und Kiemenbogen. Sinnesorgane. Gliedmaassen. Ein Paar Vorderbeine und ein Paar Hinterbeine.

XI.

Meine Herren!

Die wichtigsten Vorgänge, welche wir beim Aufbau des Leibes aus den Keimblättern zuletzt kennen gelernt haben, sind bei allen Wirbelthieren im Wesentlichen dieselben. Der Mensch gleicht darin vollständig den übrigen Säugethieren; und diese wiedernm weichen nicht wesentlich von den übrigen Wirbelthieren ab. Allerdings stossen wir bei genauerer Vergleichung der Keimesgeschichte auf mancherlei Unterschiede, und diese sind sogar zum Theil sehr auffallend: wie z. B. die Bildung eines grossen Dottersackes bei den meisten Fischen, bei allen Reptilien, Vögeln und Säugethieren; ferner die Bildung eines Amnion und einer Allantois bei den drei höheren Wirbelthier-Classen. Aber alle diese auffallenden Bildungs-Verhältnisse, die wieder auf die verschiedenartige Ausbildung anderer Theile zurückwirken, sind erst später durch Anpassung an die Bedingungen des Eilebens erworben, cenogenetisch; hingegen bleiben die wichtigsten Verhältnisse der ursprünglichen Körperbildung, welche wir als palingenetische, von der gemeinsamen Stammform aller Wirbelthiere durch Vererbung übertragene ansehen müssen, im Grossen und Ganzen überall dieselben.

Als solche wesentliche Hauptacte in der Keimesgeschichte aller Wirbelthiere sind namentlich folgende hervorzuheben: 1) Die Bildung einer Gastrula (beim Amphioxus in ursprünglichster, bei allen übrigen Wirbelthieren in abgeleiteter Form); 2) Der Zerfall der beiden primären Keimblätter in vier secundäre Keimblätter (oft mit dreiblätteriger Zwischenstufe zwischen der zweiblätterigen und vierblätterigen Stufe); 3) Die Axenlöthung, oder die Verwachsung der Keimblätter in der Längsaxe (durch welche der Axenstrang entsteht); 4) Die frühzeitige Abschnürung des Markrohrs vom Hautsinnesblatte (durch Bildung der Rückenfurche und Markwülste); 5) Die frühzeitige Entstehung der Urnierengänge (wahrscheinlich aus dem Hautsinnesblatte); 6) Der frühzeitige Zerfall des Hautfaserblattes in Chorda, Urwirbelstränge

und Rumpfmuskelplatten; 7) Die Ablösung des Hautfaserblattes vom Darmfaserblatte (wodurch die Leibeshöhle entsteht (das Coelom); 8) Die Anlage von Urgefässen oder primitiven Aorten (aus dem Darmfaserblatte). Das Resultat dieser wichtigsten Keimungsvorgänge ist die Bildung von zehn verschiedenen Körpertheilen, die wir als Urorgane oder Primitivorgane bezeichnen können, und welche Ihnen die nachstehende Uebersicht in ihrem Verhältnisse zu den Keimblättern vorführt. (Vergl. Fig. 99 und Taf. IV, Fig. 3.)

Phylogenetische Spaltung der Keimblätter.		Primitiv-Organe. (Fig. 99.)	Ontogenetische Spaltung der Keimblätter.
A. Aeusseres primäres Keimblatt: **Hautblatt.** (Dermalblatt oder Exoderm.)	I. Secundäres Keimblatt: **Hautsinnesblatt.**	1. Hornplatte (*h*). 2. Markplatte (*mr*). 3. Urniere (*ung*).	A. **Oberes oder sensorielles** Blatt, REMAK.
	II. Secundäres Keimblatt: **Hautfaserblatt.**	4. Chorda (*ch*). 5. Urwirbelplatte (*uw*). 6. Hautmuskelplatte (*hpl*).	B. **Mittleres oder motorisch-germinatives** Blatt, REMAK.
B. Inneres primäres Keimblatt: **Darmblatt.** (Gastralblatt oder Entoderm.)	III. Secundäres Keimblatt: **Darmfaserblatt.**	7. Leibeshöhle (*sp*). 8. Darmmuskelplatte (*df*). 9. Uraorta (*ao*).	
	IV. Secundäres Keimblatt: **Darmdrüsenblatt.**	10. Darmdrüsen-Epithelium (*dd*).	C. Unteres oder **trophisches** Blatt, REMAK.

Der wichtige Querschnitt durch den Keimschild des Hühnchens (Fig. 99), der Ihnen diese Primitivorgane in ihrer ursprünglichen Lagerung darstellt, zeigt dieselben flach ausgebreitet; und ebenso finden wir sie auch auf einem entsprechenden Querschnitte durch den Keimschild des Säugethieres. Um diese lehrreichen Durchschnittsbilder (mit denen auch Fig. 3, 4 auf Taf. IV zu vergleichen ist, jedoch richtig zu würdigen, müssen Sie sich wieder erinnern, dass die blattförmige Ausbreitung der flachen Keimblätter auf der Oberfläche des grossen Dottersackes ein abgeleitetes, cenogenetisches Verhältniss darstellt, durch den allmählichen Erwerb eines gewaltigen Nahrungsdotters entstanden. Bei den niederen Wirbelthieren, wo ein solcher fehlt, und wo das ursprüngliche, palingenetische Verhalten

mehr oder weniger conservirt ist, da bilden die Keimblätter von Anfang an geschlossene Röhren, unmittelbar abzuleiten von der Röhrengestalt einer verlängerten Gastrula. (Vergl. Fig. 62—69).

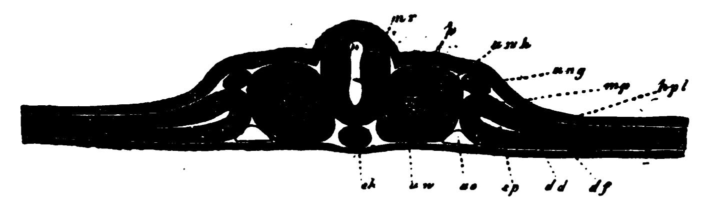


Fig. 99.

Wenn also die bisherige Keimesgeschichte der Wirbelthiere es grösstentheils als ihre Hauptaufgabe betrachtete, die spätere Organisation derselben aus der Urform einer flachen Scheibe, der zweiblätterigen Keimscheibe (oder des dreiblätterigen Keimschildes) abzuleiten, so war das ein verhängnissvoller Irrthum [91]. Denn diese »flache kreisrunde Keimscheibe« und der daraus entstehende »flache sohlenförmige Keimschild« sind ja phylogenetisch erst secundär entstanden, indem sich eine gewaltige Masse von Nahrungsdotter im Urdarm der primären Gastrula ansammelte; und wenn späterhin der flache Keimschild sich auf der Rückenseite wölbt, seine Ränder sich bauchwärts gegen einander krümmen und zu Röhren verwachsen, so ist das kein primärer oder secundärer, sondern ein tertiärer Vorgang.

Offenbar liegt der eigentliche Angelpunkt, um welchen sich das ganze Verständniss dieser wichtigsten Keimungs-Vorgänge dreht, in der richtigen Auffassung der Darmbildung. Die grössten Schwierigkeiten lösen sich, wenn man sich erst eine klare und richtige Vorstellung von der Bildung des Darmcanals verschafft hat. Denn der Urdarm ist nach unserer Gastraea-Theorie das älteste und wichtigste Organ des Thierkörpers. Um nun diese klare Vorstellung von der Bildung des Darmrohres und der damit verbundenen Theile

---

Fig. 99. Querschnitt durch den Keimschild (von einem bebrüteten Hühnchen am zweiten Brütetage), ungefähr 100mal vergrössert. Im äusseren Keimblatte hat sich die axiale Rückenfurche vollständig zum Markrohr (*mr*) geschlossen und von der Hornplatte (*h*) abgeschnürt. Im mittleren Keimblatte ist die axiale Chorda (*ch*) ganz von den beiden Urwirbelsträngen (*uw*) getrennt, in deren Innerem sich später eine vorübergehende Höhle (*uwh*) bildet. Die Seitenblätter haben sich in das äussere Hautfaserblatt (*hpl*) und in das innere Darmfaserblatt (*df*) gespalten, die durch die Mittelplatten (*mp*) innen noch zusammenhängen. Die Spalte zwischen beiden (*sp*) ist die Anlage der Leibeshöhle. In der Lücke zwischen Urwirbelsträngen und Seitenblättern ist aussen jederseits die Urniere (*ung*), innen hingegen die Urarterie (*ao*) angelegt. Nach KÖLLIKER.

zu gewinnen, müssen Sie vor Allem die wichtige Umbildung scharf ins Auge fassen, welche das Darmdrüsenblatt beim Säugethier-Keim erleidet. Dasselbe kleidet zunächst, wie Sie sich erinnern, als eine einfache Zellenschicht (oder ein Epithelium) die Innenfläche der kugeligen Keimdarmblase aus. Es ist eine einfache Kugel, deren Wand aus einer einzigen Lage von lauter gleichartigen Zellen besteht. (Fig. 100 *A dd*). Die erste Veränderung dieses kugeligen Gebildes

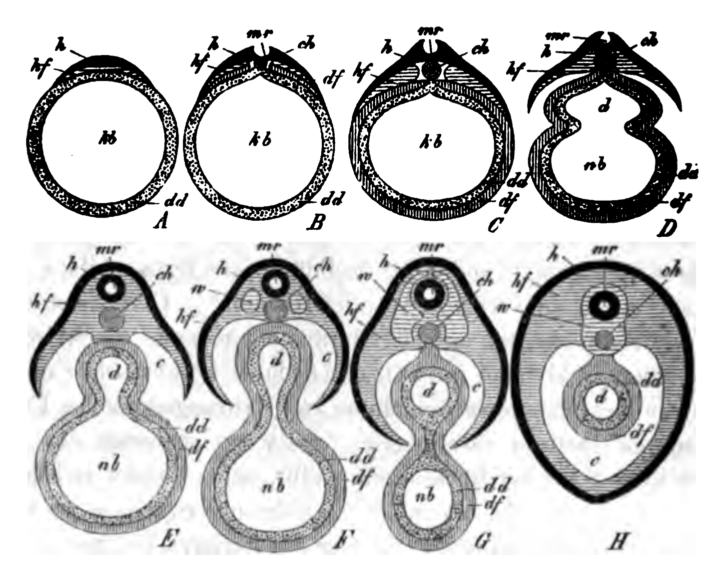


Fig. 100.

besteht darin, dass an einer Stelle der Keimscheibe, unmittelbar unter der Chorda, also unter der Axe des entstehenden Körpers, eine furchenartige Vertiefung entsteht. Das ist die primitive D a r m r i n n e

---

Fig. 100. **A b s c h n ü r u n g d e s s c h e i b e n f ö r m i g e n S ä u g e t h i e r - K e i m s v o m D o t t e r s a c k , i m Q u e r s c h n i t t** (schematisch). *A*. Die Keimscheibe (*h*, *hf*) liegt flach an einer Seite der Keimdarmblase (*kb*). *B*. In der Mitte der Keimscheibe tritt die Markfurche (*mr*) und darunter die Chorda auf (*ch*). *C*. Das Darmfaserblatt (*df*) hat das Darmdrüsenblatt (*dd*) rings umwachsen. *D*. Hautfaserblatt (*hf*) und Darmfaserblatt (*df*) trennen sich in der Peripherie; der Darm (*d*) beginnt sich von dem Dottersack oder der Nabelblase (*nb*) abzuschnüren. *E*. Das Markrohr (*mr*) ist geschlossen; die Leibeshöhle (*c*) beginnt sich zu bilden. *F*. Die Urwirbel (*w*) sondern sich; der Darm (*d*) ist fast ganz geschlossen. *G*. Die Urwirbel (*w*) beginnen Markrohr (*mr*) und Chorda (*ch*) zu umwachsen; der Darm (*d*) ist von der Nabelblase (*nb*) abgeschnürt. *H*. Die Wirbel (*w*) haben Markrohr (*mr*) und Chorda umwachsen; die Leibeshöhle (*c*) ist geschlossen, die Nabelblase verschwunden. Amnion und seröse Hülle sind weggelassen.

Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe: *h* Hornplatte. *mr* Markrohr. *hf* Hautfaserblatt. *w* Urwirbel. *ch* Chorda. *c* Leibeshöhle oder Coelom. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *d* Darmhöhle. *nb* Nabelblase.

(Fig. 100 *B*). Dieselbe wird allmählich immer tiefer und breiter, gestaltet sich zu einem Canale um, und schnürt sich ganz von der Keimblase ab, von welcher sie ursprünglich nur einen Theil bildete. (Fig. 100 *D—H*). Ursprünglich ist die ganze Keimdarmblase (*kb*) gewissermaassen Darmhöhle. Wir können daher die ganze Keimdarmblase der Säugethiere, deren allseitig geschlossene Wand das Darmblatt bildet, wiederum dem Urdarm einer Gastrula vergleichen, deren Urmund zugewachsen ist. Dieser Urdarm sondert sich in zwei verschiedene Bestandtheile, den bleibenden Nachdarm (*d*) und die verschwindende Nabelblase (*nb*).

Dasselbe gilt auch von der Darmbildung der Vögel und Reptilien. Denn der grosse, mit gelbem Nahrungsdotter erfüllte Dottersack dieser Thiere entspricht der kleineren, mit heller Flüssigkeit erfüllten Nabelblase der Säugethiere. Auch bei den Vögeln und Reptilien schnürt sich der spätere bleibende Darm von dem Dottersack dadurch ab, dass die Darmrinne sich in einen Canal, das Darmrohr verwandelt. Das Darmrohr wird auf ähnliche Weise aus der Darmfurche gebildet, wie aus der Rückenfurche das Rückenmarkrohr entsteht. Die Rinne wird immer tiefer; ihre Ränder wachsen nach unten gegen einander, und wo sie zusammentreffen, verwachsen sie. Der Unterschied jedoch, der zwischen der Bildung des Darmrohres und des Markrohres sich findet, wurde von uns dahin bestimmt, dass das Markrohr gleichmässig in seiner ganzen Länge, in einer Naht sich schliesst; während das Darmrohr mehr concentrisch verwächst: nicht allein von beiden Rändern her, sondern auch von vorn und von hinten her kommt seine Wandung zum Verschluss, in einem Nabel.

Mit diesem concentrischen Verschluss des Darmrohres hängt die Bildung von zwei Höhlen zusammen, welche wir Kopfdarmhöhle und Beckendarmhöhle nennen. Indem der Embryo, der anfangs ganz flach in der Wand der Keimblase liegt, sich von der letzteren allmählich abschnürt, wird zuerst das vordere und das hintere Ende selbstständig, während der mittlere Theil der Bauchfläche durch den Dottergang oder Nabelgang (Fig. 101 *m*) mit dem Dottersack verbunden bleibt. Dabei tritt die Rückenfläche des Körpers stark gewölbt hervor; das Kopfende hingegen krümmt sich nach unten gegen die Brust und ebenso hinten das Schwanzende gegen den Bauch. Der Embryo strebt gleichsam sich zusammenzurollen, wie ein Igel, der sich zum Schutze gegen seine Verfolger zusammenkugelt. Diese starke Rückenkrümmung ist durch das raschere Wachsthum der Rückenfläche bedingt und hängt unmittelbar mit der Abschnürung des Embryo vom

Dottersack zusammen (Fig. 101). Am Kopfe tritt überhaupt keine Trennung des Hautfaserblattes von dem Darmfaserblatte ein, wie es am Rumpfe der Fall ist, vielmehr bleiben beide als sogenannte »Kopf-

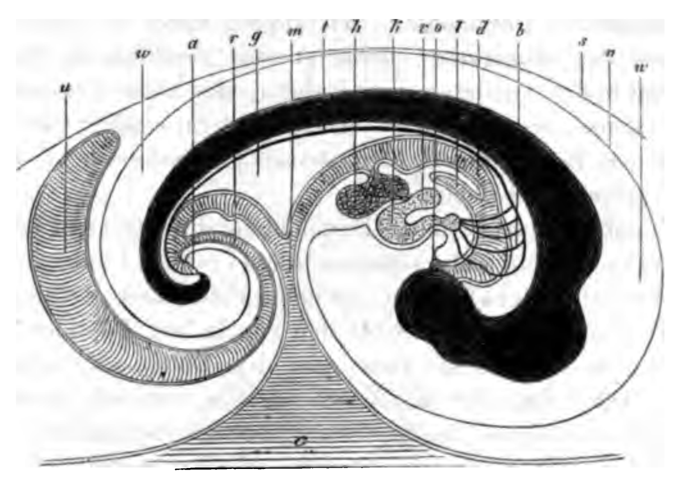


Fig. 101.

platten« verbunden. Indem nun diese Kopfplatten sich schon frühzeitig ganz von der Fläche des Fruchthofes ablösen, und zuerst nach unten gegen die Oberfläche der Keimdarmblase, dann nach hinten hin gegen deren Uebergang in die Darmrinne wachsen, entsteht inwendig im Kopftheile eine kleine Höhle, welche den vordersten, blind geschlossenen Theil des Darmes darstellt. Das ist die kleine **Kopfdarmhöhle** (Fig. 102, links von *d*); ihre Mündung in den Mitteldarm heisst die »vordere Darmpforte« (Fig. 102, bei *d*). In ganz analoger Weise krümmt sich hinten das Schwanzende gegen die Bauchseite nach vorn um; die Darmwand umschliesst dann hinten eine ganz ähnliche kleine Höhle, deren hinterstes Ende blind geschlossen ist, die **Beckendarmhöhle**. Ihre Mündung in den Mitteldarm heisst die »hintere Darmpforte«.

Der Embryo erlangt in Folge dieser Vorgänge eine Gestalt, welche man mit einem Holzpantoffel oder noch besser mit einem umgekehrten

---

Fig. 101. Längsschnitt durch den Embryo eines Hühnchens (vom fünften Tage der Bebrütung). Embryo mit gekrümmter Rückenfläche (schwarz). *d* Darm. *o* Mund. *a* After. *l* Lunge. *h* Leber. *g* Gekröse. *v* Herzvorkammer. *k* Herzkammer. *b* Arterienbogen. *t* Aorta. *c* Dottersack. *m* Dottergang. *u* Allantois. *r* Stiel der Allantois. *n* Amnion. *w* Amnionhöhle. *s* Seröse Hülle. (Nach BAER.)

Kahne vergleicht. Stellen Sie sich einen Kahn oder eine Barke vor, deren beide Enden abgerundet und vorn und hinten mit einem kleinen Verdeck versehen sind, und drehen Sie diesen Kahn um, so dass der gewölbte Kiel nach oben steht, so bekommen Sie ein anschauliches Bild von dieser »Kahnform« des Embryo (Fig. 101 *e*). Der nach oben gewendete convexe Kiel entspricht der Mittellinie des Rückens; die

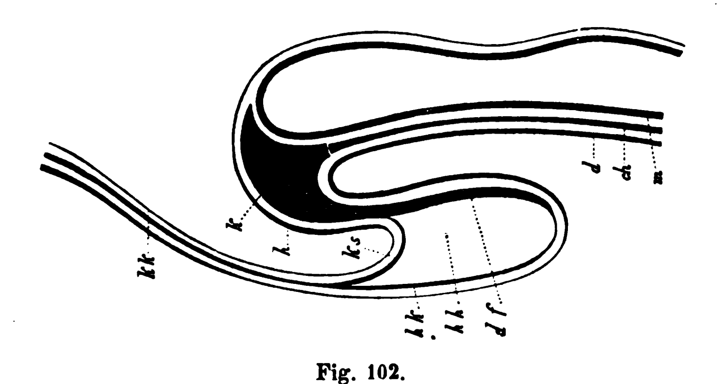


Fig. 102.

kleine Kammer unter dem Vorderdeck stellt die Kopfdarmhöhle, die kleine Kammer unter dem Hinterdeck die Beckendarmhöhle dar (Vergl. Fig. 94, S. 250).

Mit den beiden freien Enden drückt sich nun der Embryo gewissermaassen in die äussere Fläche der Keimblase hinein, während er mit dem mittleren Theile sich aus derselben heraushebt. So kommt es, dass nachher die Keimblase nur als ein beutelförmiger Anhang erscheint, der aus dem mittleren Theile des Körpers heraushängt. Dieser Anhang, der dann immer kleiner wird, heisst später Dottersack oder Nabelblase. (Vergl. Fig. 94, $_4$, $_5$, *ds*; Fig. 100, und Taf. V, Fig. 14.) Die Höhle dieses Dottersackes oder die Höhle der Keimblase communicirt mit der entstehenden Darmhöhle durch eine weite Verbindungs-Oeffnung, welche sich später zu einem engen langen Canale auszieht, dem Dottergang. Wenn wir uns also in die Höhle des Dottersackes hineindenken, so können wir von da aus durch den Dottergang

---

Fig. 102. Längsschnitt durch die vordere Hälfte eines Hühner-Embryo vom Ende des ersten Brütetages (von der linken Seite gesehen). *k* Kopfplatten. *ch* Chorda. Oberhalb derselben das blinde vordere Ende des Markrohrs *m*; unterhalb derselben die Kopfdarmhöhle, das blinde vordere Ende des Darmrohres. *d* Darmdrüsenblatt. *df* Darmfaserblatt. *h* Hornplatte. *hh* Herzhöhle. *hk* Herzkappe. *ks* Kopfscheide. *kk* Kopfkappe. (Nach Remak.)

(Fig. 101 *m*) unmittelbar in den mittleren, noch weit offenen Theil des Darmcanals hineingelangen. Gehen wir von da aus nach vorn in den Kopftheil des Embryo hinein, so gelangen wir in die Kopfdarmhöhle, deren vorderes Ende blind geschlossen ist. Gehen wir umgekehrt von der Mitte des Darms nach hinten in den Schwanztheil hinein, so kommen wir in die Beckendarmhöhle, deren hinteres Ende blind geschlossen ist (Fig. 94, 3). Die erste Anlage des Darmrohrs besteht also jetzt eigentlich schon aus drei verschiedenen Abschnitten: 1) der Kopfdarmhöhle, welche sich nach hinten (durch die vordere Darmpforte) in den Mitteldarm öffnet, 2) der Mitteldarmhöhle, welche sich nach unten (durch den Dottergang) in den Dottersack öffnet: und 3) der Beckendarmhöhle, welche sich nach vorn (durch die hintere Darmpforte) in den Mitteldarm öffnet.

Sie werden nun fragen: »Wo ist Mund- und Afteröffnung«? Anfangs sind diese noch gar nicht vorhanden. Die ganze primitive Darmhöhle ist vollständig geschlossen und hängt nur in der Mitte durch den Dottergang mit der ebenfalls geschlossenen Höhlung der Keimdarmblase zusammen (Fig. 94, 3). Die beiden späteren Oeffnungen des Darmcanals, die Afteröffnung ebenso wie die Mundöffnung, bilden sich erst secundär, von aussen und zwar von der äusseren Haut her. Es entsteht nämlich in der Hornplatte, an der Stelle, wo später der Mund liegt, eine grubenförmige Vertiefung von aussen her, welche immer tiefer und tiefer wird und dem blinden Vorderende der Kopfdarmhöhle entgegenwächst: das ist die Mundgrube. Ebenso entsteht hinten in der äusseren Haut, an der Stelle, wo sich später der After befindet, eine grubenförmige Vertiefung, welche immer tiefer wird und dem blinden Hinterende der Beckendarmhöhle entgegenwächst: die Aftergrube. Zuletzt berühren diese Gruben mit ihren innersten, tiefsten Theilen die beiden blinden Enden des primitiven Darmcanals, so dass sie nur noch durch eine dünne häutige Scheidewand von ihnen getrennt sind. Endlich wird diese dünne Haut durchbrochen, und nunmehr öffnet sich das Darmrohr vorn durch die Mundöffnung, wie hinten durch die Afteröffnung nach aussen (Fig. 94, 4; 101). Anfangs haben wir also, wenn wir von aussen in jene Gruben eindringen, wirklich eine Scheidewand vor uns, welche dieselben von der Höhlung des Darmcanales trennt, und erst später verschwindet dieselbe. Mund- und Afteröffnung bilden sich erst secundär.

Der Rest der Keimdarmblase, den wir als Nabelblase oder Dottersack bezeichnet haben, wird mit der Ausbildung des Darmes immer kleiner und hängt zuletzt nur noch wie ein kleines Beutelchen an

einem dünnen Stiele, welcher der Dottergang ist, aus der Mitte des Darmes heraus (Fig. 94, 5, *ds*). Dieser Dottergang besitzt keine bleibende Bedeutung und wird späterhin gleich dem Dottersack selbst völlig rückgebildet und aufgezehrt. Sein Inhalt wird in den Darm aufgenommen, während der Dottergang selbst zuwächst. Die Stelle, wo er sich am Darm ansetzt, ist der »Darmnabel«. Hier erfolgt zuletzt der völlige Verschluss des Darmes. (Vergl. den XII. Vortrag und Taf. V, Fig. 14, 15.)

Aehnlich wie aus dem vegetativen Keimblatte das Darmrohr, entsteht aus dem animalen Keimblatte die äussere Bauchwand, welche die ganze Leibeshöhle und mit derselben den Darm umschliesst. Sie bildet sich aus dem äusseren Theile der Seitenblätter. Wie schon bemerkt, verwachsen die Seitenblätter, welche eine Zeitlang von den Urwirbelsträngen getrennt waren, später wieder mit denselben. Während nun in der eben beschriebenen Weise der innere Theil der Seitenblätter (zum Darmfaserblatte gehörig) die äussere Darmwand bildet, wächst der äussere Theil derselben (zum Hautfaserblatte gehörig) rings um den Darm herum und bewirkt so den Verschluss der Leibeshöhle oder des Coeloms (Vergl. Fig. 100, S. 268). Von allen Seiten her wachsen die Ränder der Bauchplatten, wie dieser Theil der Seitenblätter genannt wird, gegen einander und verengern immer mehr die spaltförmige Bauchöffnung, aus welcher der Dottersack hervorhängt. Schliesslich wird der letztere bei den Säugethieren durch den Verschluss der Bauchplatten vollständig vom Darme abgeschnürt, während er bei den Vögeln und Reptilien in den Darm aufgenommen wird. Die letzte Stelle, an welcher hier die Bauchwand sich schliesst, der letzte Verwachsungspunkt, ist der Bauchnabel, der äusserlich sichtbare Hautnabel, den wir gewöhnlich kurzweg Nabel nennen. Er ist wohl zu unterscheiden von dem inneren Darmnabel, in welchem der centrale Schluss des Darmcanals erfolgt, und von welchem später keine Spur zu finden ist. Mit dem Verschluss des Darmrohres und der Bauchwand ist die Doppelröhren-Form des Wirbelthier-Körpers vollendet.

Ein paar Worte müssen wir noch über die Veränderungen hinzufügen, welche während dieser Processe an den Urnieren und den Blutgefässen vor sich gehen. Die Urnieren, welche anfangs ganz oberflächlich unter der Oberhaut liegen (Fig. 99 *ung*), rücken bald in Folge besonderer Wachsthumsverhältnisse tief nach innen (Fig. 95, 96 *ung*, S. 254); sie liegen zuletzt sehr tief inwendig, unterhalb der Chorda dorsalis (Fig. 97 *un*, S. 255). Ebenso rücken die beiden pri-

mitiven Aorten nach innen unter die Chorda und verschmelzen hier schliesslich zur Bildung einer einzigen secundären Aorta, welche unter der Wirbelsäulen-Anlage sich befindet (vergl. Fig. 95—98 *ao*). Auch die Cardinal-Venen, die ersten venösen Blutgefäss-Anlagen, rücken weiter nach innen hinein und liegen später unmittelbar über den Urnieren (Fig. 97 *vc*). Ebendaselbst, und zwar an der inneren Seite der Urnieren, wird bald die erste Anlage der Geschlechtsorgane sichtbar. Der wichtigste Theil dieses Apparates (abgesehen von allen Anhängen) ist beim Weibe der Eierstock, beim Manne der Testikel oder Hoden. Beide scheinen ursprünglich in Form einer einfachen Zwitterdrüse angelegt zu werden, die aus einem kleinen Theile des Coelom-Epithels, der Zellenbekleidung der Leibeshöhle, hervorgeht und zwar dort, wo sich Hautfaserblatt und Darmfaserblatt berühren. Erst secundär scheint diese zwitterige Keimdrüse in Verbindung mit den Urnierengängen zu treten, welche in ihrer nächsten Nähe liegen und sich in höchst wichtige Beziehungen zu ihr setzen. (Vergl. den XXV. Vortrag und Taf. IV, Fig. 5—7.)

Wir verlassen nun jetzt die Querschnitte des Wirbelthier-Körpers, deren vergleichende Betrachtung für uns so ausserordentlich lehrreich und wichtig geworden ist, und durch welche wir das schwierigste Problem der Keimesgeschichte, nämlich den Antheil der Keimblätter an der Körperbildung, gelöst haben. Statt dessen wollen wir jetzt die embryonale Anlage des Säugethier-Leibes in der Längsansicht, theils von der Oberfläche, theils in verschiedenen Längsschnitten untersuchen.

Zunächst lassen Sie uns in der Flächenansicht, und zwar von der Rückenseite her, jene einfachste Form der Embryonal-Anlage betrachten, welche wir kurz als den leierförmigen oder sohlenförmigen Keimschild bezeichneten (Fig. 86, 87, 103). In der Mittellinie seiner Rückenfläche wurde zuerst die Primitivrinne sichtbar, eingeschlossen von den beiden parallelen Rückenwülsten oder Markwülsten. Diese vereinigten sich zur Bildung des Markrohres. Wenn wir dessen weitere Umbildung verfolgen, so nehmen wir schon frühzeitig einen Unterschied in der Bildung des hinteren und vorderen Körperendes wahr. Am vorderen Ende nämlich beginnt sehr früh, ganz ebenso beim Menschen wie bei allen höheren Wirbelthieren, aus dem Markrohr sich das Gehirn zu sondern oder zu differenziren. Dasselbe ist in seiner ersten Anlage weiter nichts als eine blasenförmige Auftreibung des Markrohres von rundlicher Gestalt (Fig. 103 *hb*). Sehr rasch aber zerfällt diese Blase durch zwei ringförmige quere Ein-

schnürungen in drei hinter einander gelegene Blasen, die sogenannten primitiven Hirnblasen (Fig. 104 *vmh*). Es folgen nachträglich noch

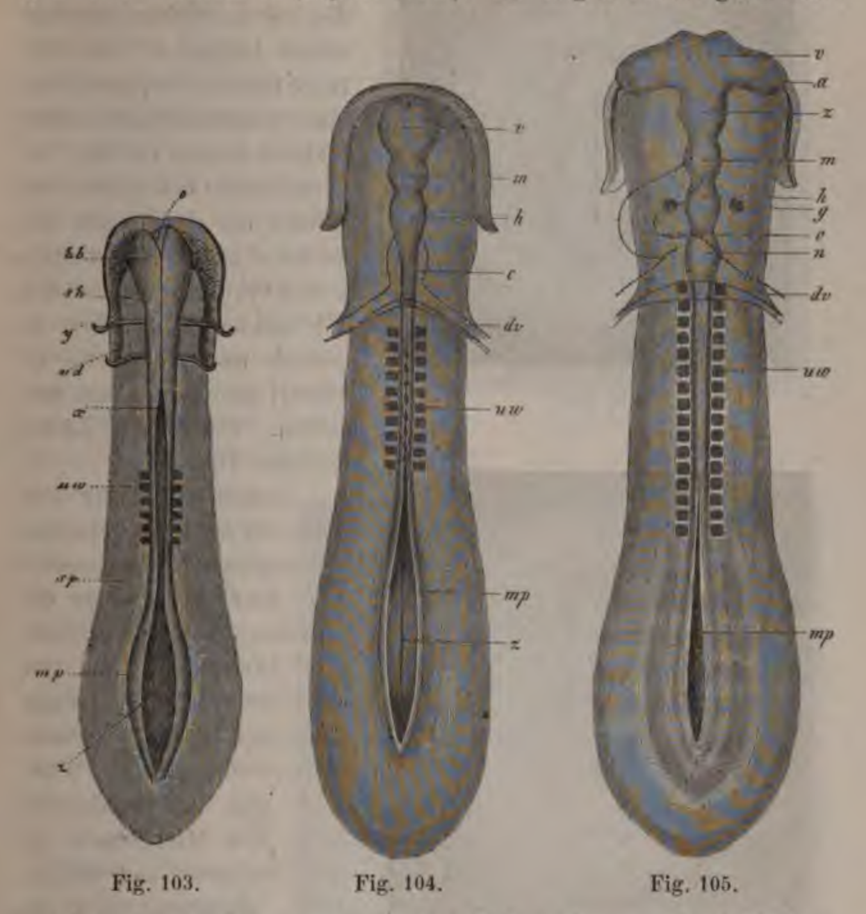


Fig. 103. Fig. 104. Fig. 105.

zwei quere Einschnürungen, und so finden wir nunmehr fünf Hirnblasen in einer Reihe hinter einander (Fig. 105). So verhält sich die Entwickelung des Gehirnes bei allen Wirbelthieren von den einfach-

---

Fig. 103—105. **Sohlenförmiger Keimschild des Hühnchens**, in drei auf einanderfolgenden Stufen der Entwickelung, von der Rückenfläche gesehen, ungefähr 20 mal vergrössert. Fig. 103 mit 6 Urwirbelpaaren. Gehirn eine einfache Blase (*hb*). Markfurche von *x* an noch weit offen, hinten bei *z* sehr erweitert. *mp* Markplatten. *sp* Seitenplatten. *y* Grenze zwischen Schlundhöhle (*sh*) und Kopfdarm (*vd*). Fig. 104 mit 10 Urwirbel-Paaren. Gehirn in drei Blasen zerfallen: *v* Vorderhirn, *m* Mittelhirn, *h* Hinterhirn. *c* Herz. *dv* Dottervenen. Markfurche hinten noch weit offen (*z*). *mp* Markplatten. Fig. 105 mit 16 Urwirbel-Paaren. Gehirn in 5 Blasen zerfallen: *v* Vorderhirn. *z* Zwischenhirn. *m* Mittelhirn. *h* Hinterhirn. *n* Nachhirn. *a* Augenblasen. *g* Gehörblasen. *c* Herz. *dv* Dottervenen. *mp* Markplatte. *uw* Urwirbel.

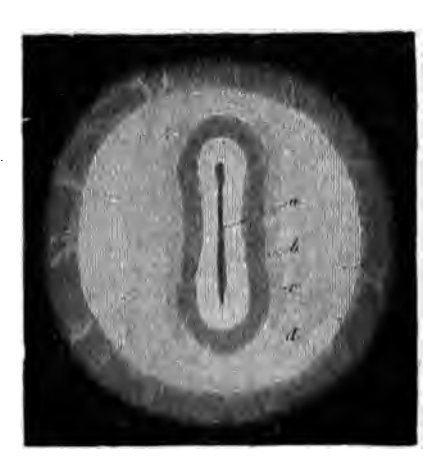


Fig. 106.

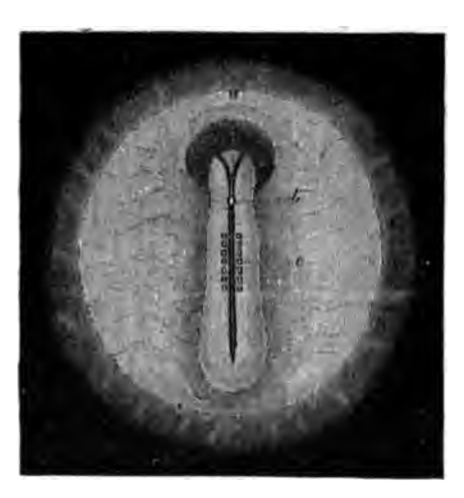


Fig. 107.

sten Fischen bis zum Menschen hinauf. Bei allen finden wir das Gehirn in seiner ersten Anlage als eine einfache Blase, die später durch quere Einschnürungen in fünf kleinere Blasen zerfällt. So verschieden sich später das Gehirn als das Organ der Seelen- und Geistesthätigkeiten bei den verschiedenen Wirbelthieren ausbildet, so einfach und gleichartig ist überall die erste Anlage desselben. Das ist eine höchst wichtige Thatsache!

Unmittelbar unter dem Markrohr fanden wir in dem sohlenförmigen Keimschild den A x e n s t a b oder die Chorda. Rechts und links vom Axenstab hatten sich die beiden parallelen Urwirbelstränge von den Seitenblättern abgespalten. Während nun am vordersten Ende des Markrohres die fünf Hirnblasen sich abgliedern, zerfallen auch die beiden Urwirbelstränge in

---

Fig. 106—109. K e i m s c h e i b e d e s K a n i n c h e n s (kreisrunder Fruchthof und sohlenförmiger oder leierförmiger Keimschild), von der Rückenfläche gesehen, in vier auf einanderfolgenden Stadien der Entwickelung, ungefähr 10 mal vergrössert. (Nach Bischoff). In Fig. 106 ist der Embryo (*b*) noch ohne Urwirbel, mit offener Rückenfurche (*a*), von einem schmalen, hellen Fruchthof (*c*) umgeben, in der Mitte des dunkeln Fruchthofes (*d*). In Fig. 107 zeigt der Embryo bereits 7 Urwirbel (*c*), eine geschlossene Rückenfurche und die erste Anlage des Gehirns (*a*), eine Hirnblase, hinter der sich eine zweite zu bilden beginnt (*b*); der helle Fruchthof ist nur noch vorn (als dunkle Sichel auf dem schwarzen Grunde) sichtbar. In Fig. 108 besitzt der Embryo bereits 8 Urwirbel und 3 Hirnblasen; die erste Hirnblase (*b*) zeigt 2 seitliche Ausbuchtungen, die ersten Anlagen der Augenblasen (*c*); die zweite (*d*) und dritte (*e*) Hirnblase sind viel kleiner; *a* deutet den Rand der Kopfscheide des Amnion an. In Fig. 109 zeigt der Embryo 10 Ur-

der Mitte des Urkeims in eine Anzahl hinter einander gelegener Stückchen, die wie kleine Würfel beiderseits des Markrohres erscheinen. Zuerst treten gewöhnlich zwei Paar gleichzeitig auf. Dann erscheinen drei, vier, fünf Paar, und endlich eine grössere Anzahl solcher Stücke, welche man Urwirbel nennt. In Fig. 107 sind sieben, in Fig. 108 acht und in Fig. 109 zehn Urwirbel sichtbar. Ihre Anzahl nimmt später beträchtlich zu und steigt beim Menschen auf einige Dreissig. Wie wir nachher sehen werden*, bildet sich immer aus jedem Paar solcher Urwirbel-Segmente ein individueller Abschnitt des Rumpfes oder ein Metamer. Jedes Urwirbel-Paar ist nicht etwa, wie der Name anzudeuten scheint, bloss die Grundlage eines späteren Wirbels, sondern es entwickelt sich aus demselben ausser dem Wirbel auch noch die dazu gehörige Muskel-Partie, ferner ein paar Nervenwurzeln u. s. w. Nur aus dem innersten Theile der



Fig. 108.



Fig. 109.

wirbel; im Fruchthofe schimmern die ersten Spuren des Blutgefässnetzes durch, dessen Begrenzung die Vena terminalis (*a*) bildet; *b* Schwanzscheide, *bb* Kopfscheide des Amnion; die Falten an letzterer deuten die seröse Hülle an.

Urwirbel, der der Chorda am nächsten liegt, entsteht die Anlage der gegliederten Wirbelsäule, die aus einzelnen knöchernen Wirbelringen zusammengesetzt ist, vom Schädel bis zum Schwanz herab.[98]

Der Zerfall der Urwirbelstränge in die Doppelkette der einzelnen Urwirbel-Segmente oder kurz gesagt: »die *Metameren-Bildung*« ist deshalb von der grössten Bedeutung, weil damit der Körper des Wirbelthieres aus dem ursprünglichen ungegliederten in den bleibenden gegliederten Zustand übergeht. Das ausgebildete Wirbelthier ist ganz ebenso aus einer Kette hinter einander gelegener, gleichartiger Theile zusammengesetzt, wie es bei den Gliederthieren der Fall ist. Bei diesen letzteren, bei den Krebsen, Spinnen, Tausendfüssen und Insecten,spricht sich diese Gliederung äusserlich sehr scharf aus, indem die Haut zwischen je zwei Gliedern oder Metameren ringförmig eingeschnürt oder eingekerbt ist; daher der Name »Kerbthiere«. Bei den Wirbelthieren ist die Gliederung des Körpers nicht minder scharf, als bei den Gliederthieren; aber sie tritt hier nicht äusserlich hervor, während sie innerlich ganz durchgreifend ist. *Auch jedes Wirbelthier ist im ausgebildeten Zustande eine gegliederte Person.*. Seine Persönlichkeit bildet eine Kette von Gliedern, *Metameren* oder Rumpf-Segmenten. In derselben Weise, in welcher sich die Gliederthiere und die äusserlich gegliederten Würmer aus einem ungegliederten Zustande entwickelt haben, in derselben Weise ist auch das innerlich gegliederte Wirbelthier aus einem ursprünglich ungegliederten Zustande hervorgegangen. Wir werden das lebende Schattenbild dieses Zustandes demnächst in den Ascidien, merkwürdigen ungegliederten Wurmformen, näher kennen lernen. Vergl. den XIII. und XIV. Vortrag).

Ich wiederhole, dieser Vorgang der Gliederung oder Metameren-Bildung ist von der grössten Bedeutung für das Verständniss jedes höheren Thierkörpers, nicht allein in morphologischer, sondern auch in physiologischer Beziehung. Diese Gliederung ist eine der wichtigsten Bedingungen der Vervollkommnung: sie ist eine der Hauptursachen der zusammengesetzten Leistungen des höheren Thier-Körpers. Niemals kann ein ungegliedertes Thier eine solche Stufe der Vollkommenheit in Form sowohl wie in Leistung erreichen, als ein gegliedertes Thier. Das ist ganz einfach. Diese Glieder oder Metameren sind in gewissem Sinne selbstständige *Individuen*. Durch Arbeitstheilung entwickeln sich diese ursprünglich gleichartigen Individuen ebenso zu den verschiedenen Theilen des zusammengesetzten Personen-Körpers, wie die embryonalen Zellen durch Arbeitstheilung

zu den verschiedenen Geweben sich gestalten. Der gegliederte Thier-Körper ist zu vergleichen einem Eisenbahnzuge, in welchem die einzelnen durch Gelenke verbundenen Wagen die Metameren darstellen. Die Locomotive ist der Kopf dieses gegliederten Organismus. Dann folgen die verschiedenen Kohlenwagen, Postwagen, Packwagen, Personenwagen, Viehwagen u. s. w. Jeder einzelne Wagen ist ein morphologisches Individuum, und doch stellt die ganze Kette nur ein einziges physiologisches Individuum, den Eisenbahnzug, dar. Wie nun hier die verschiedenen Functionen auf die verschiedenen Wagen-Arten vertheilt sind (Functionen, welche jeder einzelne Wagen nicht alle zugleich übernehmen kann), ebenso ist auch die Arbeitstheilung zwischen den Rumpf-Metameren im gegliederten Thierkörper als ein wesentlicher Fortschritt zu betrachten.

Die beste Aufklärung über das Wesen der Metamerenbildung geben uns die gegliederten Würmer, namentlich die Bandwürmer und die Ringelwürmer. Bei diesen Thieren sind die Glieder oder Metameren, welche den geringelten Leib zusammensetzen, alle von ganz gleicher Bildung und gleichem Formwerthe. Nur das erste Glied, der Kopf, erscheint anders gebildet und mehr oder weniger differenzirt. Bei vielen Bandwürmern sind die einzelnen Glieder so selbstständig, dass viele Zoologen jedes einzelne Metamer als ein individuelles Thier und die ganze Kette von Gliedern als eine Colonie von Thieren auffassen. Das ist auch in einem gewissen Sinne ganz richtig, insofern nämlich das einzelne Metamer ein Individuum niederer Stufe, die aus vielen Metameren zusammengesetzte Kette aber ein Individuum höherer Stufe ist. Je mehr nun aber die einzelnen Glieder ihre Selbstthätigkeit aufgeben, je mehr sie in Folge von Arbeitstheilung sich differenziren, von einander und vom Ganzen abhängig werden, je mehr der ganze Körper sich centralisirt, desto vollkommener wird der ganze einheitliche Organismus. Bei den meisten Gliederthieren und bei allen Wirbelthieren ist die Centralisation so weit fortgeschritten, dass die einzelnen Metameren für sich allein keine Bedeutung mehr haben und nur als nothwendige Bestandtheile der ganzen Kette in Betracht kommen.

Wenn wir uns nun bei den Würmern nach der Entstehung der Metameren-Kette umsehen, so finden wir, dass dieselbe durch wiederholte ungeschlechtliche Zeugungs-Processe, und zwar durch die sogenannte endständige oder terminale Knospenbildung aus einem ursprünglich ungegliederten Wurmkörper entsteht, der den Werth eines einzigen Metameres besitzt. So ist der Bandwurm-Embryo

zuerst bloss Kopf und an diesem Kopfe, der nur den Werth eines einzigen Metameres hat, entsteht durch wiederholte Knospung immer ein Metamer nach dem anderen; alle aber bleiben im Zusammenhang. Ebenso treibt auch bei den Ringelwürmern der ursprünglich ungegliederte Körper an seinem hinteren Ende zahlreiche Knospen, und so entsteht die lange gegliederte Kette. Das ist das Wesen dieses Processes, welcher allerdings in der Keimesgesichte der Gliederthiere und der Wirbelthiere sehr zusammengedrängt und secundär modificirt erscheint. Ursprünglich gleicht aber jedes Wirbelthier einer solchen Metameren-Kette, durch terminale Knospung aus einem ungegliederten Keim entstanden.[99])

Aus dieser Entstehungsweise der Metameren können Sie bereits errathen, dass die zuerst gebildeten Urwirbel die vordersten sein müssen. Das ist in der That der Fall. Die zuerst erscheinenden Urwirbel, welche ungefähr in der Mitte des Keimes liegen, sind der erste und zweite Halswirbel. Nach diesen treten dann der dritte, der vierte Halswirbel auf u. s. w. Jedes Urwirbel-Segment erzeugt alsbald wieder durch Knospung an seinem hinteren Ende ein neues Metamer und so fort. Der ganze vielgliedrige Körper wächst also in der Richtung von vorn nach hinten. So entsteht zuletzt die gegliederte Wirbelsäule des Menschen (Fig. 110, 111), welche derselbe mit allen höheren Wirbelthieren theilt. Sie besteht beim entwickelten Menschen aus dem Schädel und aus einer Kette von 33—34 verschiedenen Wirbeln, nämlich: 7 Halswirbeln, 12 Brustwirbeln (an denen die Rippen sitzen), 5 Lendenwirbeln, 5 Kreuzwirbeln (die in das Becken eingefügt sind) und 4—5 Schwanzwirbeln. Jedem Wirbel entspricht ein zugehöriger Abschnitt des Nervensystems, des Muskelsystems, des Gefässsystems u. s. w.

Aus der Entstehung der Urwirbel oder Metameren folgt nun weiter, dass fast die ganze vordere Hälfte des sohlenförmigen Keimschildes (Fig. 103, 107) dem späteren Kopfe entsprechen muss. Die sieben Urwirbel, welche das dritte Viertel seiner Länge einnehmen, bilden den Hals, und der ganze übrige Körper entsteht also nur aus dem vierten und letzten Viertel. Dieses Verhältniss wird Ihnen anfangs befremdlich erscheinen, erklärt sich aber ganz einfach phylogenetisch durch jene terminale Knospenbildung. Der Kopftheil des

---

Fig. 110. Das Skelet des Menschen von vorn.

Fig. 111. Das Skelet des Menschen von der rechten Seite (die Arme sind entfernt). (Fig. 110 und 111 nach H. Meyer.)

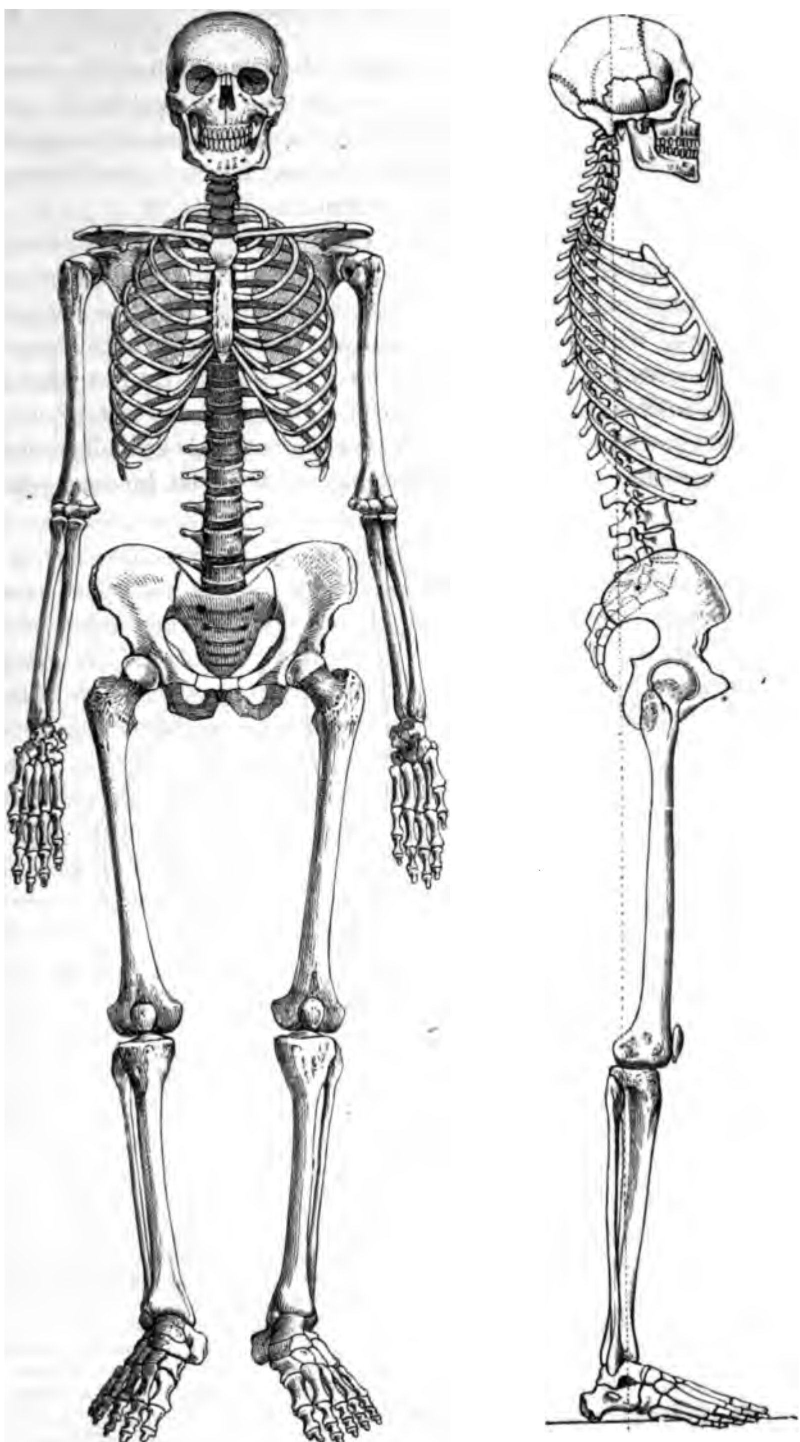


Fig. 110.

Fig. 111.

Wirbelthieres muss demnach ursprünglich phylogenetisch als der älteste Körpertheil angesehen werden, als eine Gruppe von wenigen (6—10) innig verschmolzenen Metameren, welche durch fortgesetzte Knospung am hinteren Ende den übrigen Körper erzeugt haben. Der Schwanz umgekehrt ist der jüngste, zuletzt entstandene Theil.

Wie schon bemerkt, trifft die Gliederung eigentlich den ganzen Wirbelthierkörper, wenn auch die Haut äusserlich ungegliedert erscheint. Die Urwirbel-Stücke sind daher viel mehr, als bloss Anlagen der späteren Wirbelknochen; sie sind wahre Metameren oder Rumpf-Glieder. Ursprünglich erscheint jeder Urwirbel als ein fast würfelförmiger, solider, rundlich-sechseckiger Körper, der aus lauter Zellen zusammengesetzt ist. Diese Zellen sind sämmtlich Abkömmlinge des Hautfaserblattes. Schon sehr frühzeitig erscheint im Inneren jedes

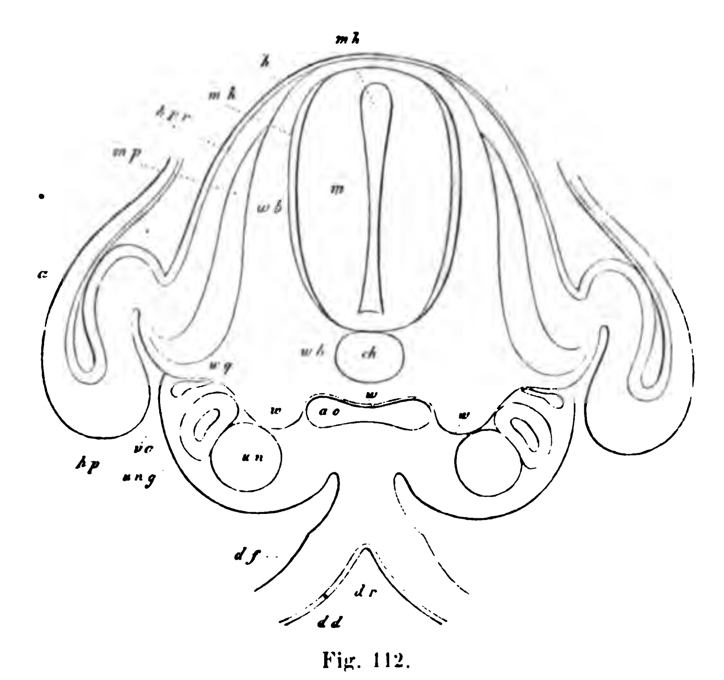


Fig. 112.

Fig. 112. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens vom vierten Brütetage, etwa 100mal vergrössert. Die Urwirbel haben sich in die äussere Muskelplatte (*mp*) und die innere Skeletplatte gespalten. Letztere beginnt unten als Wirbelkörper (*wh*) die Chorda (*ch*), oben als Wirbelbogen (*wb*) das Markrohr (*m*) zu umfassen, dessen Höhle (*mh*) schon sehr eng ist. Bei *wq* setzt sich der Urwirbel in die Hautmuskelplatte der Bauchwand (*hp*) fort. *hpr* Lederplatte der Rückenwand. *h* Hornplatte. *a* Amnion. *ung* Urnierengang. *un* Urharncanälchen. *ao* Urarterie. *vc* Cardinal-Vene. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *dr* Darmrinne.

soliden Urwirbels eine kleine Höhle, die aber bald wieder verschwindet. Diese »Urwirbelhöhle« (Fig. 95, 96 *uwh*, S. 254) ist nur insofern von Bedeutung, als sie eine innere Spaltung des Urwirbels in zwei ganz verschiedene Stücke andeutet: eine innere skeletbildende Partie, die Skeletplatte (Fig. 95 *uw*, Fig. 112 *wb*) und eine äussere fleischbildende Partie, die Muskelplatte (Fig. 95, 96 *m*; Fig. 112 *mp*).

Die Skeletplatte wird durch die gesammte innere Hälfte jedes Urwirbels gebildet, die unmittelbar am Markrohr anliegt (Fig. 112 *wh*, *wb*). Ihr unterer Theil (die innere untere Kante des würfelförmigen Urwirbels) spaltet sich in zwei Lamellen, welche die Chorda umwachsen und so die Grundlage der Wirbelkörper bilden (*wh*). Die obere Lamelle dringt zwischen Chorda und Markrohr, die untere zwischen Chorda und Darmrohr ein (Fig. 68, 69, S. 224; Fig. 93). Indem nun von rechts und links her die entgegenkommenden Lamellen von zwei gegenüber liegenden Urwirbelstücken sich vereinigen, entsteht eine ringförmige Scheide um dieses Chorda-Stück. Daraus wird später ein Wirbelkörper, d. h. die massive untere oder Bauchhälfte des Knochenringes, welcher als »Wirbel« im eigentlichen Sinne das Markrohr umgiebt (Fig. 113—115). Die obere oder Rückenhälfte dieses Knochenringes, der Wirbelbogen (Fig. 112 *wb*) entsteht in ganz ähnlicher Weise aus dem oberen Theile der Skelet-Platte, d. h. also aus der inneren oberen Kante des würfelförmigen Urwirbels. Indem von rechts und links her die inneren oberen Kanten zweier gegenüberstehender Urwirbel über dem Markrohr zusammenwachsen, erfolgt der Verschluss des Wirbelbogens. Zwischen je zwei Wirbelbogen entstehen später die Wurzeln der Rückenmarks-Nerven, und zwar aus demselben Theile der Skelet-Platte (Fig. 98, *g*. *v*, S. 255).

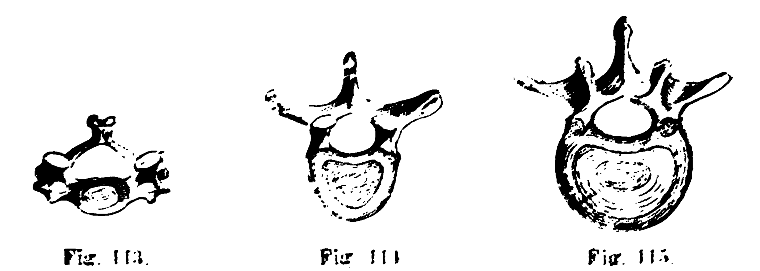


Fig. 113. Fig. 114. Fig. 115.

Fig. 113. Der dritte Halswirbel des Menschen.
Fig. 114. Der sechste Brustwirbel des Menschen.
Fig. 115. Der zweite Lendenwirbel des Menschen.



Der ganze secundäre Wirbel, der solchergestalt aus der Verwachsung der Skeletplatten von einem Paar Urwirbelstücken entsteht und in seinem Körper ein Chorda-Stück umschliesst, besteht anfangs aus einer ziemlich weichen Zellenmasse, welche später in ein festeres, zweites, knorpeliges Stadium, und endlich in ein drittes, bleibendes, knöchernes Stadium übergeht. Diese drei verschiedenen Stadien sind überhaupt am grössten Theile des Skelets der höheren Wirbelthiere zu unterscheiden: zuerst sind die meisten Skelettheile ganz zart, weich und häutig; dann werden sie später im Laufe der Entwickelung knorpelig und endlich verknöchern sie.

Alle die knöchernen Wirbel, welche später das Rückgrat oder die Wirbelsäule zusammensetzen, bilden sich, wie vorher bemerkt, bloss aus dem inneren Theile der Urwirbel, aus der »Skeletplatte«. Hingegen liefert ihr äusserer Theil, den wir die »Muskelplatte« nannten (Fig. 112 *mp*), die Hauptmasse der Rückenmuskeln (die dorsalen »Seitenrumpfmuskeln«) und ausserdem die Lederhaut, welche das Fleisch des Rückens bedeckt. Diese Muskelplatte steht unmittelbar im Zusammenhang mit demjenigen Theile der Seitenplatten, welcher sich zur Bauchhaut und den Bauchmuskeln entwickelt.

Vorn am Kopftheile des Embryo tritt die Spaltung des mittleren Keimblattes in Urwirbel und Seitenplatten überhaupt nicht ein, sondern es bleibt das ursprüngliche Faserblatt hier ungetheilt erhalten, und bildet die sogenannten »Kopfplatten« (Fig. 102, *k*, S. 271). Aus diesen entsteht der Schädel, die knöcherne Umhüllung des Gehirns, sowie die Muskeln und die Lederhaut des Kopfes. Der Schädel entwickelt sich nach Art der häutigen Wirbelsäule. Es wölben sich nämlich die rechte und linke Kopfplatte über der Hirnblase zusammen, umschliessen unten das vorderste Ende der Chorda, und bilden so schliesslich rings um das Hirn eine einfache, weiche, häutige Kapsel. Diese verwandelt sich später in einen knorpeligen Urschädel oder Primordialschädel, wie er bei vielen Fischen zeitlebens sich erhält. Erst viel später entsteht abermals aus diesem knorpeligen Urschädel der bleibende knöcherne Schädel mit seinen verschiedenen Theilen.

Sehr frühzeitig schon zeigen sich beim Embryo des Menschen, wie aller übrigen Wirbelthiere, zu beiden Seiten des Kopfes die merkwürdigen und wichtigen Gebilde, die wir mit dem Namen Kiemenbogen und Kiemenspalten belegen (Taf. I, Fig. I; Fig. 116, 118 *f*). Sie gehören zu den charakteristischen und niemals fehlenden Organen der Wirbelthiere, weshalb wir sie schon früher bei Betrachtung unseres typischen Urwirbelthieres erwähnt haben (Fig. 52, 53,

S. 207). Es bilden sich nämlich rechts und links in der Seitenwand der Kopfdarmhöhle, und zwar in deren vorderstem Theile, erst ein

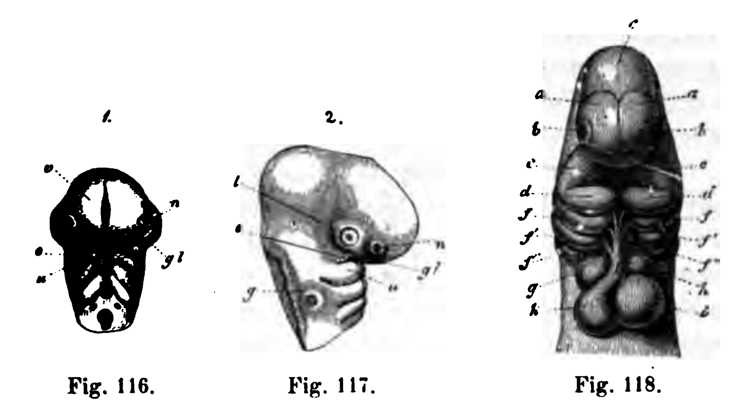


Fig. 116. Fig. 117. Fig. 118.

Paar, dann mehrere Paare sackförmiger Ausbuchtungen, welche die ganze Dicke der seitlichen Kopfwand durchbrechen. Dadurch verwandeln sie sich in Spalten, durch welche man von aussen frei in die Schlundhöhle eindringen kann: Kiemenspalten oder Schlundspalten. Zwischen je zwei Kiemenspalten verdickt sich die Schlundwand und verwandelt sich in eine bogenförmige oder sichelförmige Leiste: Kiemenbogen oder Schlundbogen; an ihrer Innenseite steigt später ein Gefässbogen empor (Fig. 101, S. 270). Die Zahl der Kiemenbogen und der mit ihnen abwechselnden Kiemenspalten steigt bei den höheren Wirbelthieren jederseits auf 4—5 (Fig. 118 *e, d, f, f', f''*). Die niederen Wirbelthiere haben deren noch mehr. Ursprünglich hatten diese merkwürdigen Gebilde die Function von Athmungs-Organen: Kiemen. Bei den Fischen tritt noch heute allgemein das zur Athmung dienende Wasser, welches durch den Mund aufgenommen wird, durch die Kiemenspalten an den Seiten des Schlundes nach aussen. Bei den höheren Wirbelthieren verwachsen sie später.

Fig. 116, 117. Kopf eines Hühner-Embryo, vom dritten Brütetage: 116 von vorn; 117 von der rechten Seite. *n* Nasenanlage (Geruchsgrübchen). *l* Augen-Anlage (Gesichtsgrübchen, Linsenhöhle). *g* Ohr-Anlage (Gehörgrübchen). *v* Vorderhirn. *gl* Augenspalte. Von den drei Paar Kiemenbogen ist der erste in einen Oberkiefer-Fortsatz (*o*) und einen Unterkiefer-Fortsatz (*u*) gesondert. (Nach Koelliker.)

Fig. 118. Kopf eines Hunde-Embryo, von vorn. *a* Die beiden Seitenhälften der vorderen Hirnblase. *b* Augen-Anlagen. *c* Mittlere Hirnblase. *de* Das erste Kiemenbogen-Paar (*e* Oberkiefer-Fortsatz, *d* Unterkiefer-Fortsatz). *f, f', f''* Das zweite, dritte und vierte Kiemenbogen-Paar. *ghik* Herz (*g* rechte, *h* linke Vorkammer; *i* linke, *k* rechte Kammer). *l* Ursprung der Aorta mit drei Paar Aortenbogen, die an die Kiemenbogen gehen. (Nach Bischoff.)

Die Kiemenbogen verwandeln sich theilweise in die Kiefer, theilweise in das Zungenbein und die Gehörknöchelchen (Vergl. Taf. I, VI und VII).

Ungefähr gleichzeitig mit der Entwickelung der Kiemenbogen bildet sich unmittelbar hinter denselben das Herz mit seinen vier Abtheilungen aus (Fig. 118 *ghik*) und oben an den Seiten des Kopfes erscheinen die Anlagen der höheren Sinnesorgane: Nase, Auge und Ohr. Diese hochwichtigen Organe werden in der allereinfachsten Gestalt angelegt. Das Geruchsorgan oder die Nase erscheint in Form von ein Paar kleinen Grübchen oberhalb der Mundöffnung, ganz vorn am Kopf (Fig. 117 *n*). Das Gesichtsorgan oder das Auge tritt dahinter an der Seite des Kopfes auf, ebenfalls in Gestalt eines Grübchens (Fig. 117 *l*, 118 *b*), welchem eine ansehnliche blasenförmige Ausstülpung der vordersten Hirnblase jederseits entgegenwächst (Fig. 105 *a*). Weiter hinten erscheint ein drittes Grübchen an jeder Seite des Kopfes, die erste Anlage des Gehörorganes (Fig. 117 *g*).

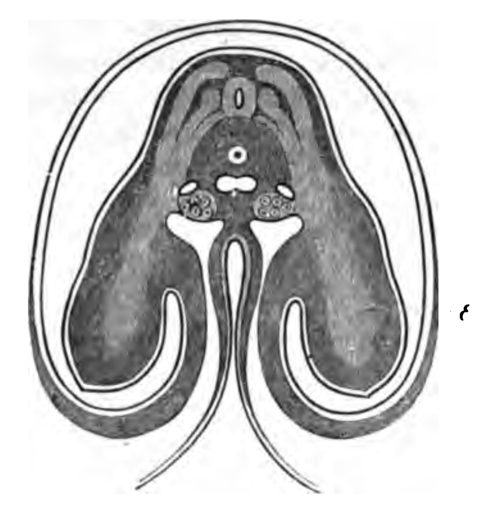


Fig. 119.

Fig. 119. Querschnitt durch die Schultergegend und die Vorderbeine (Flügel-Anlage) eines Hühner-Embryo vom vierten Brütetage, etwa 20 mal vergrössert. Neben dem Markrohr sind jederseits drei hellere Stränge in der dunkeln Rückenwand sichtbar, welche sich ein Stück weit in die Anlage des Vorderbeines oder Flügels (*e*) fortsetzen. Der oberste derselben ist die Muskelplatte, der mittlere ist die hintere und der unterste ist die vordere Wurzel eines Rückenmarks-Nerven. Unter der Chorda ist in der Mitte die unpaare Aorta, jederseits derselben eine Cardinal-Vene sichtbar, und unter dieser die Urnieren. Der Darm ist fast geschlossen. Die Bauchwand setzt sich in das Amnion fort, das den Embryo als geschlossene Hülle umgiebt. (Nach REMAK.)

Von der späteren, höchst bewunderungswürdigen Zusammensetzung dieser Organe ist jetzt noch keine Spur zu bemerken, ebensowenig von der charakteristischen Bildung des Gesichtes.

Wenn der Embryo des Menschen diese Stufe der Entwickelung erreicht hat, ist er von dem Keime aller höheren Wirbelthiere noch kaum zu unterscheiden (Vergl. Taf. I, VI und VII). Alle wesentlichen Theile des Körpers sind jetzt angelegt: Der Kopf mit dem Urschädel, den Anlagen der drei höheren Sinnes-Organe und den fünf Hirnblasen, sowie mit den Kiemenbogen und Kiemenspalten; der Rumpf mit dem Rückenmark, der Anlage der Wirbelsäule, der Kette von Metameren, das Herz und die Hauptblutgefäss-Stämme, und endlich die Urnieren. Der Mensch ist in diesem Keim-Zustande bereits ein höheres Wirbelthier, und doch zeigt er noch keine wesentlichen morphologischen Unterschiede von dem Embryo der Säugethiere, der Vögel, der Reptilien u. s. w. (Taf. VI und VII, oberste Querreihe).

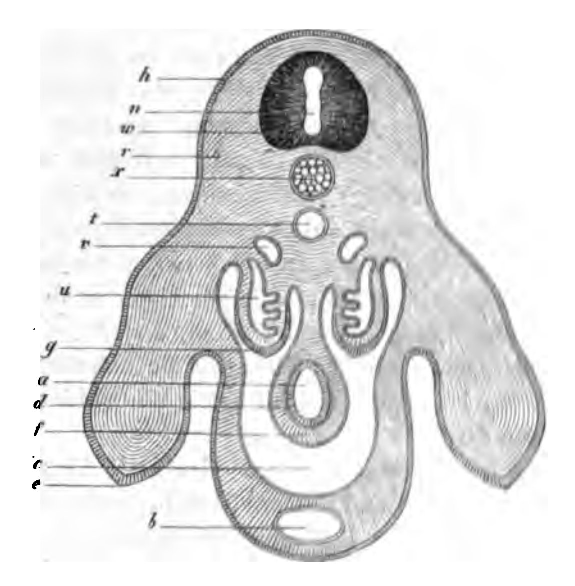


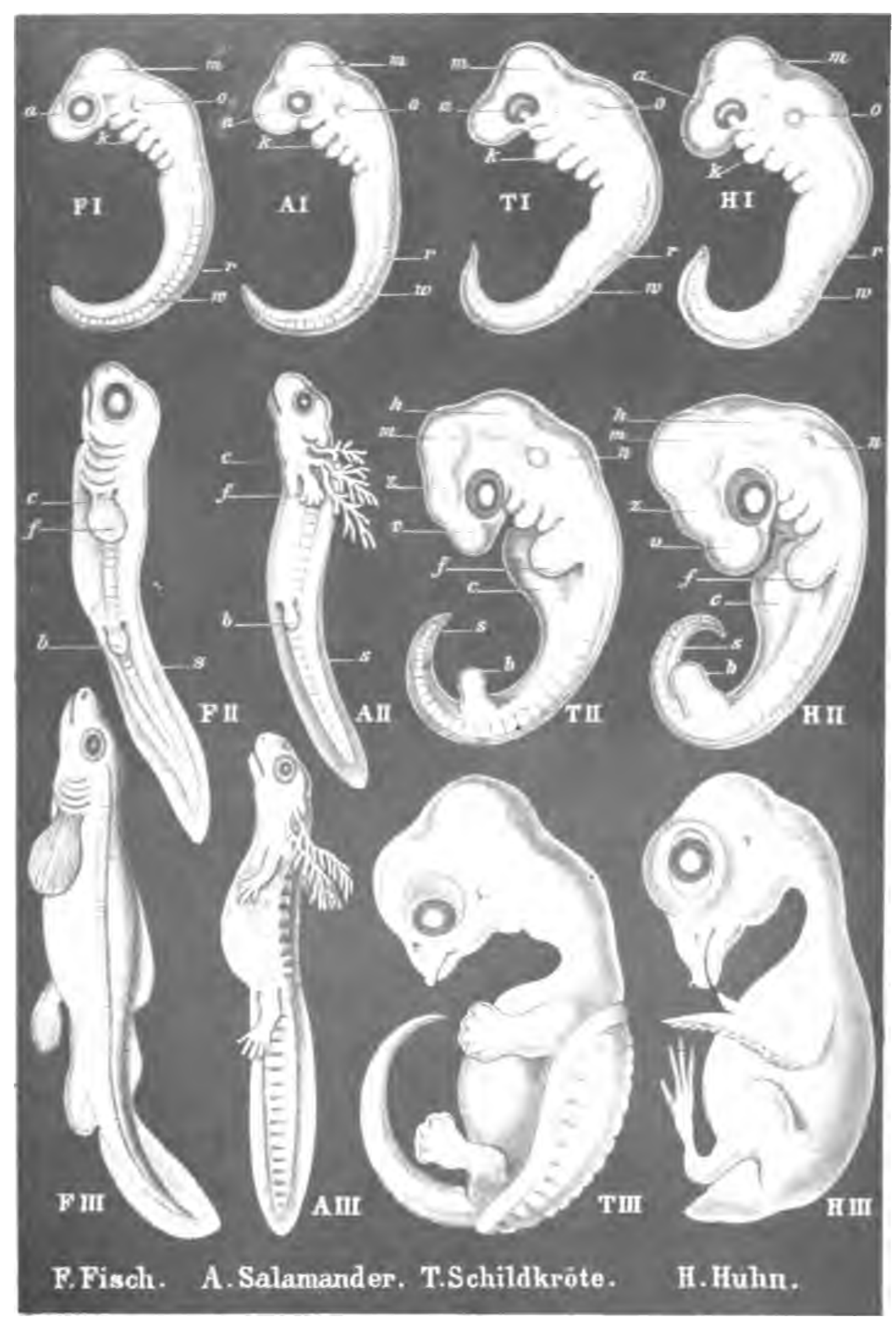
Fig. 120.

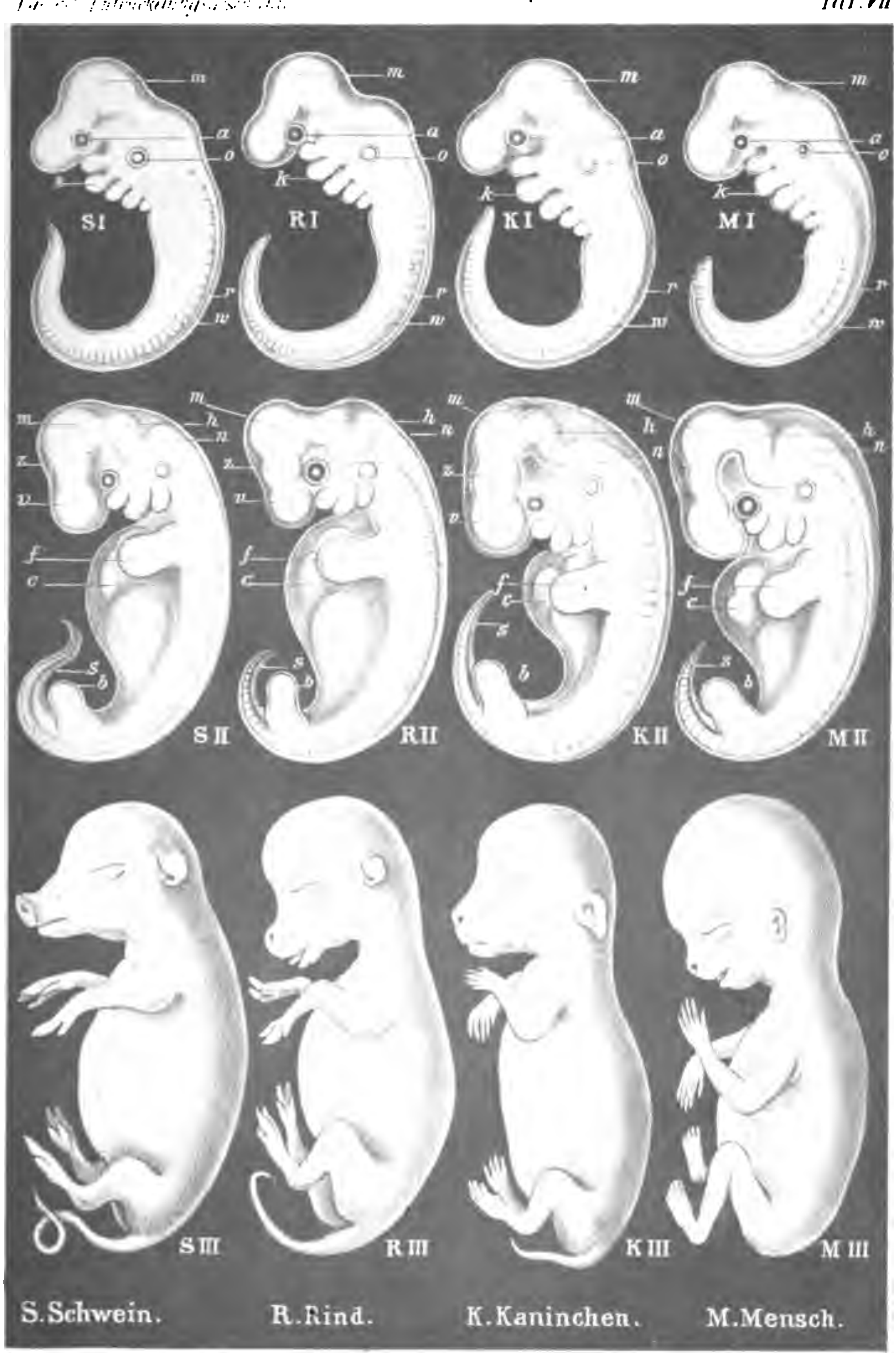
Fig. 120. Querschnitt durch die Beckengegend und die Hinterbeine eines Hühner-Embryo vom vierten Brütetage, etwa 40mal vergrössert. *h* Hornplatte. *w* Markrohr. *n* Canal des Markrohrs. *u* Urnieren. *x* Chorda. *e* Hinterbeine. *b* Allantois-Canal in der Bauchwand. *t* Aorta. *v* Cardinal-Venen. *a* Darm. *d* Darmdrüsenblatt. *f* Darmfaserblatt. *g* Keim-Epithel. *r* Rückenmuskeln. *c* Leibeshöhle oder Coelom. (Nach WALDEYER.)

Das ist eine ontogenetische Thatsache von der grössten Bedeutung! Aus ihr folgen die wichtigsten phylogenetischen Schlüsse.

Nun fehlt aber noch vollständig jede Spur der Gliedmaassen. Obgleich Kopf und Rumpf bereits getrennt, obgleich alle wichtigen inneren Organe angelegt sind, ist doch von Gliedmaassen ode »Extremitäten« in diesem Stadium der Entwickelung noch keine Spur vorhanden. Diese entstehen erst später. Auch das ist eine Thatsache von dem allerhöchsten Interesse. Denn sie beweist uns, dass die älteren Wirbelthiere fusslos waren, wie es die niedrigsten lebenden Wirbelthiere (Amphioxus und die Cyclostomen) noch heute sind. Die Nachkommen dieser uralten fusslosen Wirbelthiere haben erst viel später, im weiteren Laufe ihrer Entwickelung, Extremitäten erhalten, und zwar vier Beine: ein Paar Vorderbeine und ein Paar Hinterbeine. Diese sind überall ursprünglich ganz gleich angelegt, obgleich sie später höchst verschiedenartig sich ausbilden: bei den Fischen zu den Flossen (Brustflossen und Bauchflossen), bei den Vögeln zu den Flügeln und Beinen, bei den kriechenden Thieren zu Vorderbeinen und Hinterbeinen, bei den Affen und Menschen zu Armen und Beinen. Alle diese Theile entstehen aus derselben ganz einfachen ursprünglichen Anlage, welche aus dem Hautblatte secundär hervorwächst (Fig. 119, 120). Sie erscheinen überall in Gestalt von zwei Paar kleinen Knospen, die anfangs ganz einfache, rundliche Höcker oder Platten darstellen. Erst allmählich gestaltet sich jede dieser Platten zu einem grösseren Vorsprunge, an welchem sich ein innerer, schmälerer Theil von einem äusseren, breiteren Theile sondert. Letzterer ist die Anlage des Fusses oder der Hand, ersterer die Anlage des Armes oder des Beines. Wie gleichartig die ursprüngliche Anlage der Gliedmaassen bei den verschiedensten Wirbelthieren ist, zeigt Ihnen Taf. VI und VII.

Die sorgfältige Untersuchung und denkende Vergleichung der Embryonen des Menschen und anderer Wirbelthiere in diesem Stadium der Ausbildung ist höchst lehrreich und offenbart dem denkenden Menschen tiefere Geheimnisse und schwerwiegendere Wahrheiten, als in den sogenannten »Offenbarungen« sämmtlicher Kirchenreligionen des Erdballes zusammengenommen zu finden sind. Vergleichen Sie z. B. aufmerksam und nachdenkend die drei auf einander folgenden Entwickelungsstadien, welche auf Taf. VI vom Fische (*F*), vom Salamander (*A*), von der Schildkröte (*T*) und vom Huhne (*H*) dargestellt sind, sowie auf Taf. VII die entsprechenden Embryonen des Schweines (*S*), des Rindes (*R*), des Kaninchens (*K*) und des Men-


FI
AI
TI
HI
FII
AII
TII
HII
FIII
AIII
TIII
HIII
F. Fisch. A. Salamander. T. Schildkröte. H. Huhn.


S I
R I
K I
M I
S II
R II
K II
M II
S III
R III
K III
M III
S. Schwein.
R. Rind.
K. Kaninchen.
M. Mensch.

schen (*M*). In dem ersten Stadium (in der ersten Querreihe oben, I.), in welchem zwar der Kopf mit den fünf Hirnblasen und den Kiemenbogen schon deutlich angelegt ist, die Gliedmaassen aber noch gänzlich fehlen, sind die Embryonen aller Wirbelthiere vom Fische bis zum Menschen hinauf theilweise nur ganz unwesentlich, theilweise noch gar nicht verschieden. Im zweiten Stadium (in der mittleren Querreihe, II.), wo die Gliedmaassen angelegt sind, beginnen bereits Unterschiede zwischen den Embryonen der niederen und höheren Wirbelthiere aufzutreten; doch ist der Embryo des Menschen auch jetzt noch kaum von demjenigen der höheren Säugethiere zu unterscheiden. Im dritten Stadium endlich (in der unteren Querreihe, III.), wo die Kiemenbogen bereits verschwunden und das Gesicht gebildet ist, treten die Differenzen viel deutlicher hervor und werden von nun an immer auffallender. Das sind Thatsachen, deren Bedeutung nicht überschätzt werden kann![100]

Wenn überhaupt ein innerer ursächlicher Zusammenhang zwischen den Vorgängen der Keimesgeschichte und der Stammesgeschichte besteht, wie wir nach den Vererbungs-Gesetzen annehmen müssen, so ergeben sich aus diesen ontogenetischen Thatsachen unmittelbar die wichtigsten phylogenetischen Schlüsse. Denn die durchgreifende wunderbare Uebereinstimmung in der individuellen Entwickelung des Menschen und der übrigen Wirbelthiere ist nur dadurch zu erklären, dass wir die Abstammung derselben von einer gemeinsamen Stammform festhalten. In der That wird diese gemeinsame Descendenz jetzt auch von allen urtheilsfähigen Naturforschern zugegeben, welche keine übernatürliche Schöpfung, sondern eine natürliche Entwickelung der Organismen annehmen.

Erklärung von Tafel VI und VII.

Die beiden Tafeln VI und VII sollen die mehr oder minder bedeutende Uebereinstimmung versinnlichen, welche hinsichtlich der wichtigsten Formverhältnisse zwischen dem Embryo des Menschen und dem Embryo der anderen Wirbelthiere in frühen Perioden der individuellen Entwickelung besteht. Diese Uebereinstimmung ist um so vollständiger, in je früheren Perioden der Entwickelung die Embryonen des Menschen mit denen der übrigen Wirbelthiere verglichen werden. Sie bleibt um so länger bestehen, je näher die betreffenden ausgebildeten Thiere stammverwandt sind, entsprechend dem »Gesetze des ontogenetischen Zusammenhanges systematisch verwandter Formen« (vergl. den folgenden Vortrag, XII, S. 295).

Taf. VI stellt die Embryonen von zwei niederen und zwei höheren Wirbelthieren in drei verschiedenen Stadien dar, und zwar von einem Fisch (Knochenfisch, *F*), von einem Amphibium (Erdsalamander, *A*), von einem Reptil (Schildkröte, *T*) und von einem Vogel (Huhn, *H*).

Taf. VII zeigt die Embryonen von vier Säugethieren aus den entsprechenden drei Stadien, und zwar vom Schwein (*S*), Rind (*R*), Kaninchen (*K*) und Mensch (*M*). Die Zustände der drei verschiedenen Entwickelungs-Stadien, welche die drei Querreihen (I., II., III.) darstellen, sind möglichst entsprechend gewählt.

Die erste (oberste) Querreihe, I., stellt ein sehr frühes Stadium dar, mit Kiemenspalten, ohne Beine. Die zweite (mittlere) Querreihe, II., zeigt ein etwas späteres Stadium, mit der ersten Anlage der Beine, noch mit Kiemenspalten. Die dritte (unterste) Querreihe, III., führt ein noch späteres Stadium vor, mit weiter entwickelten Beinen, nach Verlust der Kiemenspalten. Die Hüllen und Anhänge des Embryo-Körpers (Amnion, Dottersack, Allantois) sind weggelassen. Sämmtliche 24 Figuren sind schwach vergrössert, die oberen stärker, die unteren schwächer. Zur besseren Vergleichung sind alle auf nahezu dieselbe Grösse in der Zeichnung reducirt. Alle Embryonen sind von der linken Seite gesehen; das Kopfende ist nach oben, das Schwanzende nach unten, der gewölbte Rücken nach rechts gekehrt. Die Buchstaben bedeuten in allen 24 Figuren dasselbe, und zwar: *v* Vorderhirn, *z* Zwischenhirn, *m* Mittelhirn, *h* Hinterhirn, *n* Nachhirn, *r* Rückenmark, *e* Nase, *a* Auge, *o* Ohr, *k* Kiemenbogen, *c* Herz, *w* Wirbelsäule, *f* Vorderbeine, *b* Hinterbeine, *s* Schwanz.[100]

Zwölfter Vortrag.

Die Keimhüllen und der erste Blutkreislauf.

»Ist der Mensch etwas Besonderes? Entsteht er in einer ganz anderen Weise als ein Hund, Vogel, Frosch und Fisch? Giebt er damit denen Recht, welche behaupten, er habe keine Stelle in der Natur und keine wirkliche Verwandtschaft mit der niederen Welt thierischen Lebens? Oder entsteht er in einem ähnlichen Keim, und durchläuft er dieselben langsamen und allmählichen progressiven Modificationen? Die Antwort ist nicht einen Augenblick zweifelhaft, und ist für die letzten dreissig Jahre nicht zweifelhaft gewesen. Ohne Zweifel ist die Entstehungsweise und sind die früheren Entwickelungszustände des Menschen identisch mit denen der unmittelbar unter ihm in der Stufenleiter stehenden Thiere: ohne allen Zweifel steht er in diesen Beziehungen dem Affen viel näher, als die Affen den Hunden.«

Thomas Huxley (1863).

Inhalt des zwölften Vortrages.

Die Säugethier-Organisation des Menschen. Der Mensch besitzt denselben Körperbau wie alle anderen Säugethiere, und sein Keim entwickelt sich ganz in derselben Weise. In späteren Stadien ist der Keim des Menschen nicht wesentlich verschieden von demjenigen der höheren Säugethiere, in früheren Stadien auch von demjenigen der sämmtlichen höheren Wirbelthiere. Das Gesetz des ontogenetischen Zusammenhanges systematisch verwandter Formen. Anwendung desselben auf den Menschen. Gestalt und Grösse des menschlichen Embryo in den ersten vier Wochen. Der Embryo des Menschen ist im ersten Monate seiner Entwickelung demjenigen anderer Säugethiere fast vollständig gleich gebildet. Im zweiten Monate beginnen erst merkliche Unterschiede aufzutreten. Anfangs gleicht der menschliche Embryo demjenigen aller, später bloss dem Embryo der höheren Säugethiere. Die Anhänge und Hüllen des menschlichen Embryo. Dottersack. Allantois und Placenta. Amnion. Das Herz, die ersten Blutgefässe und das Blut bilden sich aus dem Darmfaserblatte. Das Herz schnürt sich von der Wand des Vorderdarmes ab. Der erste Blutkreislauf des Embryo, im Fruchthofe: Dotter-Arterien und Dotter-Venen. Der zweite embryonale Blutkreislauf, in der Allantois: Nabel-Arterien und Nabel-Venen. Abschnitte der menschlichen Keimesgeschichte.

XII.

Meine Herren!

Die wichtigste Erscheinung von allgemeiner Bedeutung, welche in dem bisherigen Gange der menschlichen Keimesgeschichte uns aufgestossen ist, dürfte wohl die Thatsache bleiben, dass die Entwickelung des menschlichen Körpers von Anfang an genau in derselben Weise erfolgt, wie bei den übrigen Säugethieren. In der That finden sich alle die besonderen Eigenthümlichkeiten der individuellen Entwickelung, welche die Säugethiere vor den übrigen Thieren auszeichnen, eben so auch beim Menschen wieder. Man hat schon längst aus dem Körperbau des ausgebildeten Menschen den Schluss gezogen, dass derselbe im Systeme des Thierreiches seinen natürlichen Platz nur in der Säugethierklasse finden könne. Schon LINNÉ stellte ihn hier 1735 in seinem grundlegenden »Systema naturae« mit den Affen in einer und derselben Ordnung zusammen. Durch die vergleichende Keimesgeschichte wird diese Stellung lediglich bestätigt. Wir überzeugen uns, dass auch in der embryonalen Entwickelung, wie im anatomischen Bau, der Mensch sich durchaus ähnlich den höheren Säugethieren und am ähnlichsten den Affen verhält. Wenn wir nun unter Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes das Verständniss dieser ontogenetischen Uebereinstimmung suchen, so ergiebt sich daraus ganz einfach und nothwendig die Abstammung des Menschen von anderen Säugethierformen. Der gemeinsame Ursprung des Menschen und der übrigen Säugethiere von einer einzigen uralten Stammform kann uns danach nicht mehr zweifelhaft sein; und ebenso wenig die nächste Blutsverwandtschaft des Menschen und der Affen.

Die wesentliche Uebereinstimmung in der gesammten Körperform und im inneren Bau ist beim Embryo des Menschen und der übrigen Säugethiere selbst noch in demjenigen späten Stadium der Entwickelung vorhanden, in welchem bereits der Säugethier-Körper als solcher unverkennbar ist. (Vergl. Taf. VI und VII, zweite Reihe). Aber in einem etwas früheren Stadium, in welchem bereits die Gliedmaassen,

die Kiemenbogen, die Sinnesorgane u. s. w. angelegt sind, können wir die Embryonen der Säugethiere noch nicht als solche erkennen und noch nicht von denjenigen der Vögel und Reptilien unterscheiden. Wenn wir auf noch frühere Stadien der Entwickelung zurück gehen, so sind wir nicht einmal im Stande, irgend einen wesentlichen Unterschied zwischen den Embryonen dieser höheren Wirbelthiere und denjenigen der niederen, der Amphibien und Fische, aufzufinden (Taf. VI und VII, oberste Querreihe). Gehen wir endlich bis zum Aufbau des Körpers aus den vier secundären Keimblättern zurück, so werden wir durch die Wahrnehmung überrascht, dass diese vier Keimblätter nicht allein bei allen Wirbelthieren, sondern auch bei allen höheren wirbellosen Thieren dieselben sind und überall in gleicher Weise am Aufbau der Grundorgane des Körpers sich betheiligen. Wenn wir dann nach der Herkunft dieser vier secundären Keimblätter fragen, so finden wir, dass sie aus den beiden primären Keimblättern sich entwickeln, die bei allen Thieren (mit Ausnahme der niedrigsten Abtheilung, der Urthiere) dieselben sind. (Vergl. Fig. 23—28, S. 159). Endlich sehen wir, dass die Zellen, welche die beiden primären Keimblätter zusammensetzen, überall durch wiederholte Spaltung aus einer einzigen einfachen Zelle, aus der Eizelle, ihren Ursprung nehmen.

Diese merkwürdige Uebereinstimmung in den wichtigsten Keimungs-Verhältnissen des Menschen und der Thiere kann nicht genug hervorgehoben werden. Wir werden sie später für unsere monophyletische Descendenz-Hypothese, d. h. für die Annahme der einheitlichen, gemeinsamen Abstammung des Menschen und der höheren Thierstämme verwerthen. Sie zeigt sich von Beginn der individuellen Entwickelung an: bei der Furchung der Eizelle, bei der Bildung der Keimblätter, bei der Spaltung der Keimblätter, bei dem Aufbau der wichtigsten Fundamental-Organe aus den Keimblättern u. s. w. Die ersten Anlagen der wichtigsten Körpertheile und vor allen des ältesten Haupt-Organes, des Darmcanales, sind ursprünglich überall identisch: sie erscheinen immer in derselben einfachsten Form. Alle die Eigenthümlichkeiten aber, durch welche sich die verschiedenen kleineren und grösseren Gruppen des Thierreiches von einander unterscheiden, treten im Laufe der Keimes-Entwickelung erst allmählich, erst secundär auf und zwar um so später, je näher sich die betreffenden Thiere im System des Thierreiches stehen. Diese letztere Erscheinung lässt sich in einem bestimmten Gesetze formuliren, welches gewissermaassen als Zusatz oder Anhang zu unserem biogenetischen Grund-

gesetze betrachtet werden kann. Das ist das Gesetz des ontogenetischen Zusammenhanges systematisch verwandter Thierformen. Dasselbe lautet: Je näher sich zwei erwachsene, ausgebildete Thiere ihrer ganzen Körperbildung nach stehen, je enger dieselben daher im Systeme des Thierreiches verbunden sind, desto länger bleibt auch ihre embryonale Form identisch, desto längere Zeit hindurch sind die Embryonen, die Jugendformen derselben überhaupt gar nicht oder nur durch untergeordnete Merkmale zu unterscheiden. Dieses Gesetz gilt für alle Thiere, bei denen die ursprüngliche Form der Entwickelung durch Palingenesis (oder »Auszugs-Entwickelung«) getreu vererbt wird. Wo hingegen diese letztere durch Cenogenesis (oder »Fälschungs-Entwickelung«) beschränkt wird, da wird jenes Gesetz um so mehr verwischt, je mehr neue Entwickelungs-Verhältnisse durch Anpassung eingeführt sind (vergl. S. 9—12). [101]

Wenn wir dieses Gesetz von dem ontogenetischen Zusammenhang der systematisch (und daher auch phylogenetisch) verwandten Formen auf den Menschen anwenden und mit Beziehung auf dasselbe die frühesten menschlichen Zustände rasch an uns vorübergehen lassen, so fällt uns zuerst im Beginne der Keimesgeschichte die morphologische Identität der Eizelle des Menschen und der übrigen Säugethiere auf (Fig. 1). Alle Eigenthümlichkeiten, welche das Säugethier-Ei auszeichnen, besitzt auch das menschliche Ei; insbesondere jene charakteristische Bildung seiner Hülle (der *Zona pellucida*), welche dasselbe von dem Ei aller übrigen Thiere deutlich unterscheidet. Wenn der Embryo des Menschen ein Alter von vierzehn Tagen erreicht hat, so besitzt er, gleich allen übrigen Säugethieren, die Gestalt eines ganz einfachen, sohlenförmigen Keimschildes. Auf der Rückenseite desselben zeigt sich in der Mittellinie die rinnenförmige geradlinige Markfurche, begrenzt von den beiden parallelen Rückenwülsten oder Markwülsten. Die Bauchseite liegt in der Wand der kugeligen Keimdarmblase. Der menschliche Embryo hat in diesem Alter eine Länge von einer Linie oder zwei Millimetern. Er ist nicht zu unterscheiden von demjenigen anderer Säugethiere, z. B. des Hundes (Fig. 121). [102]



Fig. 121.

Fig. 121. Sohlenförmiger Keimschild des Hundes. (Doppelschild von Remak, Embryonal-Anlage der Autoren). In der Mitte ist die Rückenfurche, beiderseits die Markwülste sichtbar.

Eine Woche später, also nach dem Verlaufe von einundzwanzig Tagen, hat der menschliche Embryo bereits die doppelte Länge erreicht; er ist jetzt zwei Linien oder gegen fünf Millimeter lang und zeigt uns bereits in der Seiten-Ansicht die charakteristische Krümmung des Rückens, die Anschwellung des Kopfendes, die erste Anlage der drei höheren Sinnesorgane und die Anlage der Kiemenspalten, welche die Seiten des Halses durchbrechen. (Fig. 122 III, Taf. VII, Fig. *M* I).



Fig. 122.

Hinten aus dem Darme ist die Allantois hervorgewachsen. Der Embryo ist bereits vollständig vom Amnion umschlossen und hängt nur noch in der Mitte des Bauches durch den Dottergang mit der Keimblase zusammen, die sich in den Dottersack verwandelt. Es fehlen aber in diesem Entwickelungs-Stadium noch vollständig die Extremi-

---

Fig. 122. Menschliche Keime oder Embryonen aus der zweiten bis fünfzehnten Woche, in natürlicher Grösse, von der linken Seite gesehen, der gewölbte Rücken nach rechts gekehrt, (grösstentheils nach Ecker). II. Mensch von 14 Tagen, III. von 3 Wochen, IV. von 4 Wochen, V. von 5 Wochen, VI. von 6 Wochen. VII. von 7 Wochen, VIII von 8 Wochen, XII. von 12 Wochen, XV. von 15 Wochen.

täten oder Gliedmaassen: weder von den Armen noch von den Beinen ist eine Spur vorhanden. Das Kopfende hat sich allerdings schon bedeutend vom Schwanzende gesondert oder differenzirt; auch treten vorn die ersten Anlagen der Hirnblasen, sowie unten am Vorderdarm das Herz schon mehr oder weniger deutlich hervor. Aber ein eigentliches Gesicht ist noch nicht ausgebildet. Auch suchen wir vergebens nach irgend einem besonderen Charakter, welcher in diesem Stadium den menschlichen Embryo von dem der anderen Säugethiere unterschiede. (Vergl. Fig. *M* I, *K* I, *R* I und *S* I auf Taf. VII). [103]

Abermals eine Woche später, nach Ablauf der vierten Woche, am 28.—30. Tage der Entwickelung, hat der menschliche Embryo eine Länge von vier bis fünf Linien oder ungefähr einem Centimeter erreicht (Fig. 122 IV; Taf. VII, Fig. *M* II). Wir können jetzt deutlich den Kopf mit seinen verschiedenen Theilen unterscheiden; im Inneren desselben die fünf primitiven Hirnblasen (Vorderhirn, Mittelhirn, Zwischenhirn, Hinterhirn und Nachhirn); unten am Kopfe die Kiemenbogen, welche die Kiemenspalten trennen; an den Seiten des Kopfes die Anlagen der Augen, ein paar Grübchen der äusseren Haut, denen ein Paar einfache Bläschen aus der Seitenwand des Vorderhirns entgegenwachsen. Weit hinter den Augen, über dem letzten Kiemenbogen, ist die bläschenförmige Anlage des Gehörorganes sichtbar. In sehr starker, fast rechtwinkeliger Krümmung geht der sehr grosse Kopf in den Rumpf über. Dieser hängt in der Mitte der Bauchseite noch mit der Keimdarmblase zusammen; allein der Embryo hat sich schon stärker von derselben abgeschnürt, so dass sie bereits als Dottersack heraushängt. Wie der vordere Theil, so ist auch der hintere Theil des Körpers sehr stark gekrümmt, so dass das zugespitzte Schwanzende gegen den Kopf hingerichtet ist. Der Kopf ist mit dem Gesichtstheil ganz auf die noch offene Brust herabgesunken. Die Krümmung wird bald so stark, dass der Schwanz fast die Stirn berührt (Fig. 122 V; Fig. 137). Man kann dann eigentlich drei oder vier besondere Krümmungen an der gewölbten Rückenseite unterscheiden, nämlich eine Scheitelkrümmung oder »vordere Kopfkrümmung« in der Gegend der zweiten Hirnblase, eine Nackenkrümmung oder »hintere Kopfkrümmung« am Anfang des Rückenmarks, und eine Schwanzkrümmung am hintersten Ende. Diese starke Krümmung theilt der Mensch nur mit den drei höheren Wirbelthier-Classen (den Amnionthieren), während sie bei den niederen viel schwächer oder gar nicht ausgesprochen ist. Der Mensch hat in diesem Alter von vier Wochen einen recht anständigen Schwanz, der doppelt

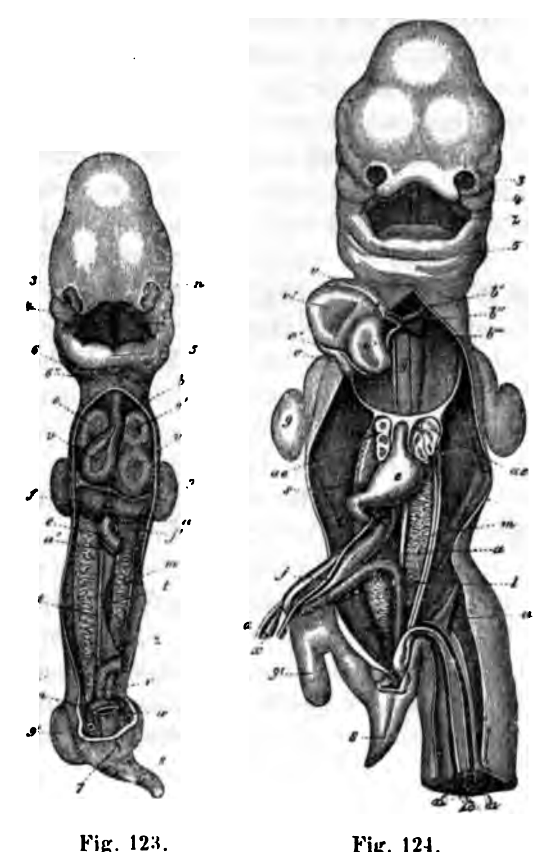


Fig. 123. Fig. 124.

so lang als das Bein ist. Die Anlagen der Gliedmaassen sind jetzt bereits deutlich abgesetzt: vier ganz einfache Knospen von der Gestalt einer rundlichen Platte, ein Paar Vorderbeine und ein Paar Hinterbeine, die ersteren ein wenig grösser als die letzteren. [104])

Wenn wir den menschlichen Embryo in diesem einmonatlichen Alter öffnen (Fig. 123), so finden wir in der Leibeshöhle bereits den Darmcanal angelegt und von der Keimblase grösstentheils abgeschnürt. Mund- und After-Oeffnung sind auch schon vorhanden. Aber die Mundhöhle ist noch nicht von der Nasenhöhle getrennt und das

Fig. 123. Menschlicher Embryo, vier Wochen alt, von der Bauchseite, geöffnet. Brustwand und Bauchwand sind weggeschnitten, so dass der Inhalt der Brusthöhle und Bauchhöhle frei liegt. Auch sind sämmtliche Anhänge (Amnion, Allantois, Dottersack) entfernt, ebenso der mittlere Theil des Darmes. *n* Auge. 3 Nase. 4 Oberkiefer. 5 Unterkiefer. 6 zweiter, 6″ dritter Kiemenbogen. *ov* Herz (*o* rechte, *o′* linke Vorkammer; *v* rechte, *v′* linke Kammer). *b* Ursprung der Aorta. *f* Leber (*u* Nabelvene). *e* Darm (mit der Dotterarterie, bei *a′* abgeschnitten). *j′* Dottervene. *m* Urniere. *t* Anlage der Geschlechtsdrüse. *r* Enddarm (nebst dem Gekröse, *z*, abgeschnitten). *n* Nabelarterie. *u* Nabelvene. 7 After. 8 Schwanz. 9 Vorderbein. 9′ Hinterbein. (Nach COSTE.)

Fig. 124. Menschlicher Embryo, fünf Wochen alt, von der Bauchseite, geöffnet (wie Fig. 123). Brustwand, Bauchwand und Leber sind entfernt. 3 Aeusserer Nasenfortsatz. 4 Oberkiefer. 5 Unterkiefer. *z* Zunge. *v* Rechte, *v′* linke Herzkammer. *o′* Linke Herzvorkammer. *b* Ursprung der Aorta. *b′b″b‴* Erster, zweiter, dritter Aortenbogen. *c c′c″* Hohlvenen. *ae* Lungen (*y* Lungenarterien). *e* Magen. *m* Urnieren. (*j* Linke Dottervene. *s* Pfortader. *a* rechte Dotterarterie. *n* Nabelarterie. *u* Nabelvene). *x* Dottergang. *i* Enddarm. 8 Schwanz. 9 Vorderbein. 9′ Hinterbein. Die Leber ist entfernt. (Nach COSTE.)

Gesicht überhaupt noch nicht gebildet. Hingegen zeigt das Herz bereits alle vier Abtheilungen; es ist sehr gross und füllt fast die ganze Brusthöhle aus (Fig. 123 *ov*). Hinter ihm liegen die ganz kleinen Anfänge der Lungen versteckt. Sehr gross sind die Urnieren (*m*), welche den grössten Theil der Bauchhöhle erfüllen und von der Leber (*f*) bis zum Beckendarm hinreichen. Sie sehen also, dass jetzt, am Ende des ersten Monats, alle wesentlichen Körpertheile bereits fertig angelegt sind. Dennoch sind auch in diesem Stadium noch keine Merkmale vorhanden, durch welche sich der menschliche Embryo von dem des Hundes oder des Kaninchens, des Rindes oder des Pferdes, kurz von dem aller höheren Säugethiere wesentlich unterschiede. Alle diese Embryonen besitzen jetzt noch im Ganzen die gleiche Gestalt und sind von dem des Menschen höchstens durch die gesammte Körpergrösse oder durch ganz unbedeutende Unterschiede in der Grösse der einzelnen Theile verschieden. So ist z. B. der Kopf im Verhältnisse zum Rumpfe beim Menschen ein wenig grösser, als beim Schafe. Der Schwanz ist beim Hunde etwas länger, als beim Menschen. Aber das Alles sind, wie Sie sehen, ganz geringfügige Differenzen. Hingegen ist die ganze innere Organisation, die Form, Lage und Zusammensetzung der einzelnen Körpertheile beim Embryo des Menschen von vier Wochen und bei den Embryonen der anderen Säugethiere aus den entsprechenden Stadien im Wesentlichen dieselbe.

Anders verhält es sich schon im zweiten Monate der menschlichen Entwickelung. Fig. 122 stellt einen Menschenkeim bei VI von 6 Wochen, bei VII von 7 Wochen und bei VIII von 8 Wochen in natürlicher Grösse dar. Jetzt beginnen allmählich die Unterschiede mehr hervorzutreten, welche den menschlichen Embryo von demjenigen des Hundes und der niederen Säugethiere trennen. Schon nach sechs, und noch mehr nach acht Wochen sind bereits bedeutende Differenzen sichtbar, namentlich in der Kopfbildung (Taf. VII Fig. *M*III etc.). Die Grösse der einzelnen Abschnitte des Gehirns ist jetzt beträchtlicher beim Menschen: der Schwanz umgekehrt erscheint kürzer. Andere Unterschiede sind zwischen dem Menschen und den niederen Säugethieren in der relativen Grösse innerer Theile zu finden. Aber auch in dieser Zeit ist der menschliche Embryo noch kaum von dem Embryo der nächstverwandten Säugethiere, der Affen, namentlich der anthropomorphen Affen, zu unterscheiden. Die Merkmale, durch welche wir den Embryo des Menschen von demjenigen der Affen unterscheiden können, treten erst später deutlicher hervor. Selbst in einem weit vorgeschritteneren Stadium der Entwickelung, wo wir den



menschlichen Embryo gegenüber demjenigen der Hufthiere augenblicklich erkennen, ist derselbe dem Embryo der höheren Affen noch höchst ähnlich. Endlich treten später auch diese Merkmale hervor, und wir können während der letzten vier Monate des menschlichen Embryo-Lebens, vom sechsten bis neunten Monate der Schwangerschaft, den menschlichen Embryo sicher von demjenigen aller übrigen Säugethiere unterscheiden. Dann machen sich auch bereits die Unterschiede der verschiedenen Menschen-Rassen, namentlich hinsichtlich der Schädelbildung, geltend.

Die auffallende Aehnlichkeit, welche zwischen den Embryonen des Menschen und der höheren Affen sehr lange Zeit besteht, verschwindet übrigens bei den niederen Affen viel früher. Am längsten bleibt sie natürlich bei den grossen anthropomorphen Affen bestehen (Gorilla, Schimpanse, Orang, Gibbon: Taf. XIV). Die physiognomische Aehnlichkeit in der Gesichtsbildung, durch welche uns diese Menschen-Affen überraschen, nimmt mit dem zunehmenden Alter immer mehr ab. Dagegen bleibt sie zeitlebens bei dem merkwürdigen Nasen-Affen von Borneo bestehen (Fig. 125), dessen schön ge-



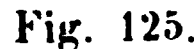


Fig. 125.



Fig. 126.

formte stattliche Nase mancher Mensch, bei dem dieses Organ zu kurz gerathen, mit Neid betrachten wird. Wenn man das Gesicht dieses Nasen-Affen mit demjenigen von besonders affenähnlichen Menschen (z. B. der berüchtigten Miss Julia Pastrana, Fig. 126) vergleicht, so wird der erstere als eine höhere Entwickelungsform gegenüber den letzteren erscheinen. Bekanntlich sind viele Menschen der Ansicht, dass gerade in ihrer Gesichtsbildung sich das »Ebenbild Gottes«

Fig. 125. Der Kopf des Nasenaffen (*Semnopithecus nasicus*) von Borneo. (Nach Brehm).

Fig. 126. Der Kopf der Miss Julia Pastrana. (Nach einer Photographie von Hintze.)

unverkennbar abspiegele. Wenn der Nasenaffe diese sonderbare Ansicht theilt, dürfte er wohl darauf mehr Anspruch erheben, als jene kurznasigen Menschen [105]).

Diese stufenweise fortschreitende Sonderung, die zunehmende Divergenz der menschlichen von der thierischen Form, welche auf dem Gesetze des ontogenetischen Zusammenhanges der systematisch verwandten Formen beruht, offenbart sich nun nicht allein in der Bildung der äusseren Körperform, sondern ebenso auch in der Gestaltung der inneren Organe. Sie offenbart sich ferner ebenso in der Gestaltung der Hüllen und Anhänge, die wir aussen um den Embryo herum finden, und welche wir jetzt zunächst etwas näher betrachten wollen. Zwei von diesen Anhängen, das Amnion und die Allantois, kommen nur den drei höheren Wirbelthierklassen zu, während der dritte, der Dottersack, sich bei den meisten Wirbelthieren findet. Dieser Umstand ist von hoher Bedeutung, und Sie werden später sehen, dass er uns wesentliche Anhaltspunkte zur Feststellung des menschlichen Stammbaumes liefert.

Was nun zunächst die äussere Eihülle betrifft, welche das ganze im Fruchtbehälter der Säugethiere eingebettete Ei umschliesst, so verhält sich diese beim Menschen eben so wie bei den höheren Säugethieren. Ursprünglich ist das Ei, wie Sie sich erinnern werden, von der glashellen, structurlosen *Zona pellucida* umschlossen (Fig. 1, S. 100 und Fig. 36—40, S. 171). Aber sehr bald, schon in den ersten Wochen der Entwickelung, tritt an deren Stelle die bleibende Zottenhaut (*Chorion*). Dieselbe entsteht aus dem äusseren Faltenblatte des Amnion, der sogenannten »seroesen Hülle«, deren Bildung wir sogleich betrachten werden. Sie wird aus einer einzigen Schicht von Zellen des äussersten Keimblattes, des Hautsinnesblattes gebildet. Bei ihrer Entstehung ist die »seröse Hülle« eine ganz einfache, platte, rings geschlossene Blase; sie umgiebt den Embryo mit seinen Anhängen wie ein weiter, überall geschlossener Sack; die Zwischenräume zwischen beiden sind mit klarer, wässeriger Flüssigkeit erfüllt. Aber frühzeitig bedeckt sich die glatte Aussenfläche des Sackes mit sehr zahlreichen kleinen Zotten, die eigentlich hohle Ausstülpungen von der Form eines Handschuhfingers sind (Fig. 127; 139, *sz*, *chz*). Dieselben verästeln sich und wachsen in die entsprechenden Vertiefungen hinein, welche die schlauchförmigen Drüsen der Schleimhaut des mütterlichen Fruchtbehälters bilden. So erhält das Ei seine bleibende feste Lage (Fig. 130, 132, 134).



Schon an menschlichen Eiern von 13—14 Tagen ist diese äussere Eihaut, die wir kurzweg Zottenhaut nennen werden, allenthalben mit kleinen Zotten bedeckt und bildet eine Kugel oder ein Sphäroid von 6—8 Millimeter Durchmesser (Fig. 127—129). Indem sich im

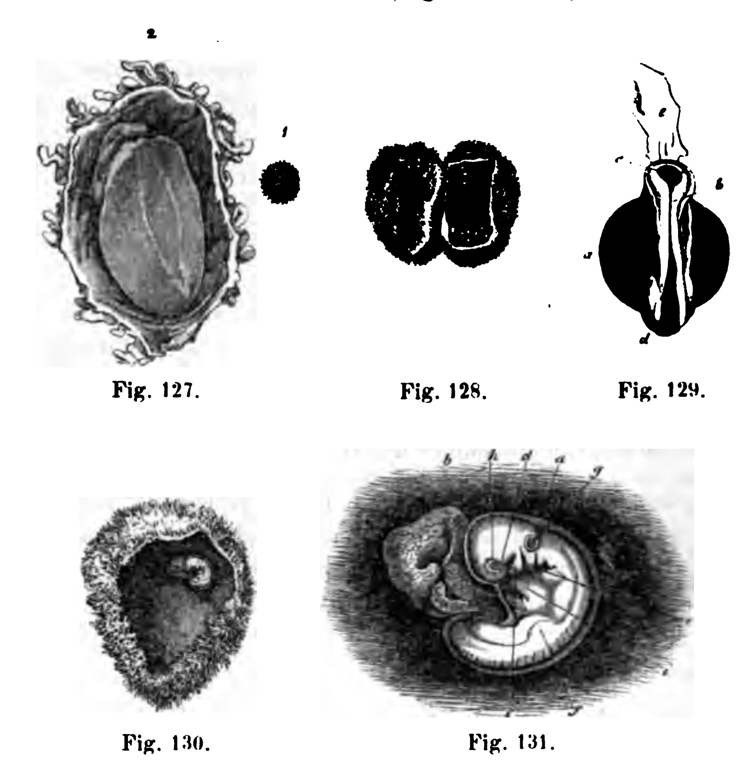


Fig. 127. Fig. 128. Fig. 129.

Fig. 130. Fig. 131.

Fig. 127. Menschliches Ei von 12—13 Tagen, nach ALLEN THOMSON. 1. Nicht geöffnet, in natürlicher Grösse. 2. Geöffnet und vergrössert. Innerhalb der äusseren Zottenhaut (Chorion) liegt auf der grossen Keimdarmblase links oben der kleine gekrümmte Keim.

Fig. 128. Menschliches Ei von 15 Tagen, nach ALLEN THOMSON, in natürlicher Grösse und geöffnet; in der rechten Hälfte oben rechts der kleine Keim.

Fig. 129. Menschlicher Keim von 15 Tagen, aus dem vorigen Ei genommen, vergrössert. *a* Dottersack. *b* Nackentheil, (wo die Markfurche schon geschlossen ist). *c* Kopftheil (mit offener Markfurche). *d* Hintertheil (mit offener Markfurche). *e* ein Fetzen vom Amnion.

Fig. 130. Menschliches Ei von 20—22 Tagen, nach ALLEN THOMSON, in natürlicher Grösse, geöffnet. Die äussere Zottenhaut bildet eine geräumige Blase, an deren Innenwand der kleine Keim (rechts oben) durch einen kurzen Nabelstrang befestigt ist.

Fig. 131. Menschlicher Keim von 20—22 Tagen, aus dem vorigen Ei genommen, vergrössert. *a* Amnion. *b* Dottersack. *c* Unterkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens. *d* Oberkieferfortsatz desselben. *e* Zweiter Kiemenbogen (dahinter noch zwei kleinere). Drei Kiemenspalten sind deutlich sichtbar. *f* Anlage des Vorderbeins. *g* Gehörbläschen. *h* Auge. *i* Herz.

Inneren eine grössere Menge von Flüssigkeit ansammelt, dehnt sich die Zottenhaut immer mehr aus, so dass der Embryo nur einen kleinen Theil vom inneren Raum der Eiblase erfüllt. Zugleich werden die Zotten des Chorion immer zahlreicher und grösser: ihre Aeste verzweigen sich stärker. Während die Zotten anfänglich die ganze Oberfläche bedecken, werden sie später auf dem grössten Theile derselben rückgebildet; sie entwickeln sich dafür um so stärker an einer Stelle, dort nämlich, wo sich aus der Allantois die Placenta bildet.

Wenn wir das Chorion eines menschlichen Embryo von drei Wochen öffnen, so finden wir an der Bauchseite des Keimes einen grossen, runden, mit Flüssigkeit gefüllten Sack. Das ist der **Dottersack** oder die sogenannte »Nabelblase«, deren Entstehung wir schon früher kennen gelernt haben (Fig. 132, 133). Je grösser der Embryo



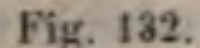


Fig. 132.



Fig. 133.

wird, desto kleiner wird der Dottersack. Später hängt er nur noch als ein kleines birnförmiges Bläschen an einem langen Stiele (dem

---

Fig. 132. **Menschlicher Embryo mit Amnion und Allantois**, aus der dritten Woche; mit grossem kugeligem Dottersack (unten) und blasenförmiger Allantois (rechts), noch ohne Gliedmaassen. Keim und Anhänge sind von der Zottenhaut umschlossen.

Fig. 133. **Menschlicher Embryo mit Amnion und Allantois**, aus der vierten Woche (nach KRAUSE). Das Amnion (*w*) liegt dem Körper ziemlich eng an. Der grösste Theil des Dottersacks (*d*) ist entfernt (abgerissen). Die Allantois (*l*) ist hinter demselben als birnförmiges, ansehnliches Bläschen sichtbar. Arme (*f*) und Beine (*b*) sind eben angelegt. *v* Vorderhirn. *z* Zwischenhirn. *m* Mittelhirn. *h* Hinterhirn. *n* Nachhirn. *a* Auge. *k* Drei Kiemenbogen. *e* Herz. *s* Schwanz.

Dottergang) aus dem Bauche des Embryo hervor (Fig. 139, $_5$ *ds*) und wird beim Verschlusse des Nabels endlich vom Körper getrennt. Die Wand dieses Nabelbläschens besteht, wie Sie sich erinnern werden, aus einer inneren Lamelle, dem Darmdrüsenblatte, und einer äusseren Lamelle, dem Darmfaserblatte. Sie ist also aus denselben Bestand-



Fig. 134.

theilen wie die Darmwand selbst zusammengesetzt, und bildet in der That eine unmittelbare Fortsetzung derselben. Bei den Vögeln und Reptilien, wo der Dottersack viel grösser ist, enthält er eine beträchtliche Menge von Nahrungsmaterial, eiweiss- und fettartigen Stoffen. Diese treten durch den Dottergang in die Darmhöhle ein und dienen zur Ernährung. Bei den Säugethieren hat der Dottersack eine viel geringere Bedeutung für die Ernährung des Keimes und wird frühzeitig rückgebildet. Das Verhältniss des Darmes zum Dottersack ist

Fig. 134. Menschlicher Embryo mit seinen Hüllen, sechs Wochen alt. Die äussere Hülle des ganzen Eies bildet das mit verästelten Zotten dicht bedeckte Chorion, innen ausgekleidet von der serösen Hülle. Der Embryo ist von dem zartwandigen Amnion-Sack umschlossen. Der Dottersack ist auf ein kleines birnförmiges »Nabelbläschen« reducirt; der dünne Stiel desselben, der lange »Dottergang« ist im Nabelstrang eingeschlossen. In letzterem liegt hinter dem Dottergang der viel kürzere Stiel der Allantois, deren innere Lamelle (Darmdrüsenblatt in 132 und 133) noch ein ansehnliches Bläschen darstellt, während die äussere Lamelle sich an die Innenwand der äusseren Eihaut anlegt und hier die Placenta bildet.

vielfach ganz irrthümlich aufgefasst worden. Nach unserer Gastraea-Theorie bilden beide zusammen ein Ganzes. Wir können sagen: Der Urdarm der schädellosen Wirbelthiere hat sich später bei ihren Nachkommen (in Folge der Ansammlung von Nahrungsdotter) in zwei Theile gesondert, in ein vorübergehendes embryonales Organ (den Dottersack) und in den bleibenden Darm (Nachdarm).

Hinter dem Dottersack bildet sich schon frühzeitig am Bauche des Säugethier-Embryo ein zweiter Anhang, der für diesen eine viel grössere Bedeutung besitzt. Das ist die Allantois oder der »Urharnsack«, ein wichtiges embryonales Organ, welches nur den drei höheren Wirbelthierklassen zukommt. Sie wächst aus dem hinteren Ende des Darmcanals, aus der Beckendarmhöhle hervor (Fig. 133 *l*, 135 *r*, *u*, 136 *p*, 139 *al*). Ihre erste Anlage erscheint als ein kleines

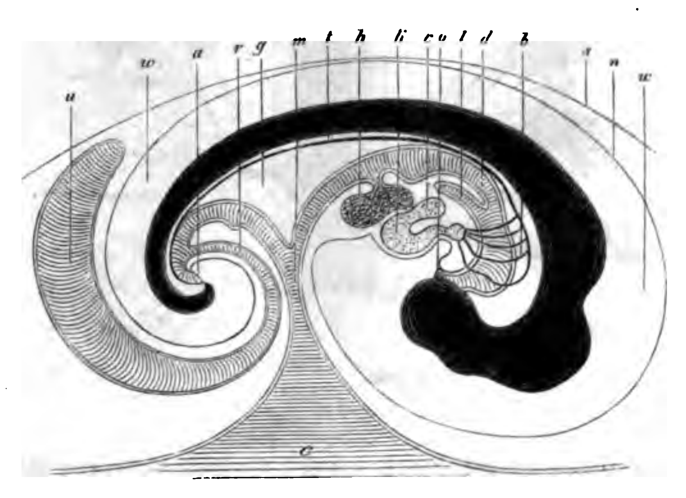


Fig. 135.

Bläschen am Rande der Beckendarmhöhle, stellt eine Ausstülpung des Darmes dar und besitzt also ebenfalls (wie der Dottersack) eine zweiblätterige Wand. Die Höhlung des Bläschens ist ausgekleidet von dem Darmdrüsenblatte, und die äussere Lamelle der Wand wird gebildet von dem verdickten Darmfaserblatte. Das kleine Bläschen

Fig. 135. Längsschnitt durch den Embryo eines Hühnchens (vom fünften Tage der Bebrütung). Embryo mit gekrümmter Rückenfläche (schwarz). *d* Darm. *o* Mund. *a* After. *l* Lunge. *h* Leber. *g* Gekröse. *v* Herzvorkammer. *k* Herzkammer. *b* Arterienbogen. *t* Aorta. *c* Dottersack. *m* Dottergang. *u* Allantois. *r* Stiel der Allantois. *n* Amnion. *w* Amnionhöhle. *s* Seröse Hülle. (Nach BAER.)

wird grösser und grösser, und wächst zu einem ansehnlichen, mit Flüssigkeit gefüllten Sacke heran, in dessen Wand sich mächtige Blutgefässe ausbilden. Bald erreicht derselbe die Innenwand der Eihöhle und breitet sich daselbst auf der inneren Fläche des Chorion aus. Bei vielen Säugethieren wird die Allantois so gross, dass sie



Fig. 136.

schliesslich den ganzen Embryo mit den übrigen Anhängen als weite Hülle umgiebt und sich über die ganze innere Fläche der Eihaut ausdehnt. Wenn man ein solches Ei anschneidet, kommt man zunächst in einen grossen mit Flüssigkeit gefüllten Hohlraum; das ist die Höhle der Allantois, und erst wenn man diese Hülle entfernt hat, kommt man auf den eigentlichen Embryokörper, der in dem Amnion eingeschlossen ist.

Fig. 136. Hunde-Embryo, 25 Tage alt, von der Bauchseite, geöffnet, (wie Fig. 134 und 135). Brustwand und Bauchwand sind entfernt. *a* Nasengruben. *b* Augen. *c* Unterkiefer (Erster Kiemenbogen). *d* Zweiter Kiemenbogen. *efgh* Herz (*e* rechte, *f* linke Vorkammer; *g* rechte, *h* linke Kammer). *i* Aorta (Ursprung). *kk* Leber (in der Mitte zwischen beiden Lappen die durchschnittene Dottervene). *l* Magen. *m* Darm. *n* Dottersack. *o* Urnieren. *p* Allantois. *q* Vorderbeine. *h* Hinterbeine. Der krumme Embryo ist gerade gestreckt. (Nach Bischoff.)

Beim Menschen erreicht die Allantois nicht diese voluminöse Ausdehnung, sondern verwandelt sich, nachdem sie die Innenwand des Chorion erreicht hat, unter Verlust ihrer Blasenform in den Aderkuchen oder die Placenta. Doch ist auch beim Menschen die erste Anlage der Allantois eine gestielte birnförmige Blase (Fig. 133 *l*), ganz ebenso wie bei den übrigen Säugethieren. Ich hatte dies schon 1874 in der I. und II. Auflage dieses Buches behauptet und durch die



Fig. 137.

Abbildung Fig. 132 erläutert. Dabei stützte ich mich auf einen sehr nahe liegenden Deductions-Schluss. Denn da die gröbere Form und die feinere Structur der Placenta beim Menschen und beim Affen ganz dieselbe ist, konnte auch ihre Entstehung nicht verschieden sein. Da aber die Blasenform der Allantois damals noch nicht beim Menschen direct beobachtet war, wurde ich von Wilhelm His feierlichst der »Fälschung der Wissenschaft« angeklagt. Nach His ist die »Allantois beim Menschen bekanntlich nie in Blasenform sichtbar« (!). Zu

---

Fig. 137. Hunde-Embryo, von der rechten Seite. *a* erste, *b* zweite, *c* dritte, *d* vierte Hirnblase. *e* Auge. *f* Gehörbläschen. *gh* erster Kiemenbogen (*g* Unterkiefer, *h* Oberkiefer). *i* zweiter Kiemenbogen. *klm* Herz (*k* rechte Vorkammer, *l* rechte, *m* linke Kammer). *n* Aorta-Ursprung. *o* Herzbeutel. *p* Leber. *q* Darm. *r* Dottergang. *s* Dottersack (abgerissen). *t* Allantois (abgerissen). *u* Amnion. *v* Vorderbein. *x* Hinterbein. (Nach Bischoff.)

meinem Glücke wurde diese »nie sichtbare« Blasenform im folgenden Jahre (1875) von Professor KRAUSE in Göttingen wirklich »beobachtet« und davon die in Fig. 133 mitgetheilte Abbildung gegeben. [106])

Nachdem die blasenförmige Allantois des Menschen die Innenwand der Zottenhaut erreicht hat, breitet sie sich flach an derselben aus und bildet hier die **Placenta**, die für die Ernährung des Keimes sehr wichtig ist. Der Stiel der Allantois, welcher den Embryo mit der Placenta verbindet und die starken Nabel-Blutgefässe vom ersteren zur letzteren führt, wird vom Amnion überzogen und bildet mit dieser Amnion-Scheide zusammen den sogenannten **Nabelstrang** (Fig. 138 *as*). Indem das blutreiche und mächtige Gefässnetz der kindlichen Allantois sich an die mütterliche Schleimhaut des Fruchtbehälters innig anschmiegt und indem sich die Zwischenwand zwischen den mütterlichen und kindlichen Blutgefässen stark verdünnt, entsteht der merkwürdige Ernährungs-Apparat des kindlichen Körpers, den wir eben **Placenta** nennen, und auf welchen wir später zurückkommen werden. (Vergl. den XIX. Vortrag.) Für jetzt will ich denselben nur insofern hervorheben, als er ausschliesslich den höheren Säugethieren, nicht den niederen, zukommt. Von den drei Unterklassen oder Hauptgruppen der Säugethiere besitzen die beiden niederen Gruppen, die Schnabelthiere und Beutelthiere, keinen Gefässkuchen, sondern die Allantois bleibt hier eine einfache, mit Flüssigkeit gefüllte Blase, wie bei den Vögeln und Reptilien. Nur bei der dritten und höchst entwickelten Unterklasse der Säugethiere, bei den Placentalthieren, entsteht aus der Allantois eine wahre Placenta.

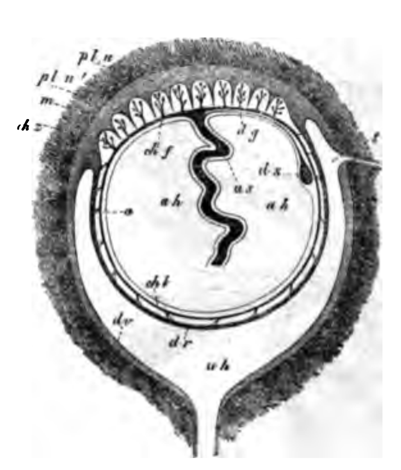


Fig. 138.

Fig. 138. Eihüllen des menschlichen Embryo (schematisch). *m* die dicke fleischige Wand des Fruchtbehälters (Uterus oder Gebärmutter). *plu* Placenta (deren innere Schicht (*plu'*) mit Fortsätzen zwischen die Chorion-Zotten (*chz*) hineingreift). (*chf* zottiges, *chl* glattes Chorion). *a* Amnion. *ah* Amnionhöhle. *as* Amnionscheide des Nabelstranges (der unten in den Nabel des hier nicht dargestellten Embryo übergeht). *dg* Dottergang. *ds* Dottersack. *dv*, *dr* Decidua (*dv* wahre, *dr* falsche Decidua). Die Uterushöhle (*uh*) öffnet sich unten in die Scheide, oben rechts in einen Eileiter (*t*). (Nach KÖLLIKER).

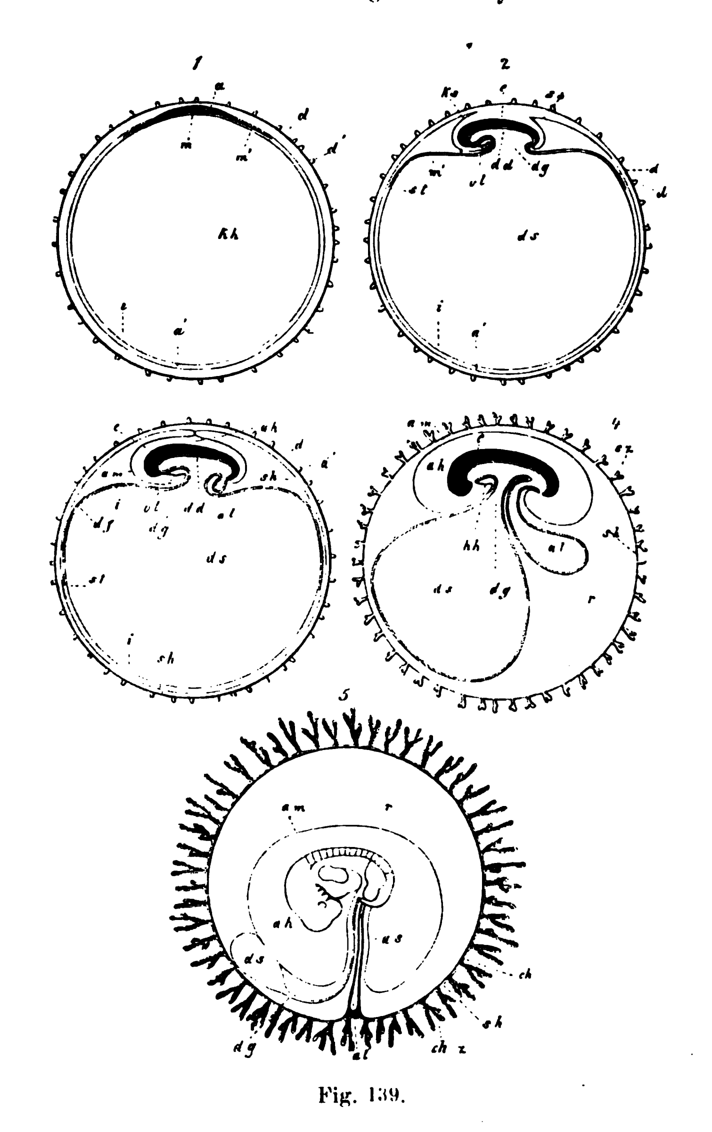


Fig. 139.

Fig. 139. Fünf schematische Längsschnitte durch den reifenden Säugethier-Keim und seine Eihüllen. In Fig. 1—4 geht der Längsschnitt durch die Sagittal-Ebene oder die Mittelebene des Körpers, welche rechte und linke Hälfte scheidet; in Fig. 5 ist der Keim von der linken Seite gesehen. In Fig. 1 umschliesst das mit Zotten (*d'*) besetzte Prochorion (*d*) die Keimblase, deren Wand aus den beiden primären Keimblättern besteht. Zwischen dem äusseren (*a*) und inneren (*i*) Keimblatte hat sich im Bezirke des Fruchthofes das mittlere Keimblatt (*m*) entwickelt. In Fig. 2 beginnt der Embryo (*e*) sich von der Keimblase (*ds*) abzuschnüren, während sich rings um ihn der Wall der Amnionfalte erhebt (vorn als Kopfscheide, *ks*, hinten als Schwanzscheide, *ss*). In Fig. 3 stossen die Ränder der Amnionfalte (*am*) oben über dem Rücken des Embryo zusammen und bilden so die Amnionhöhle (*ah*); indem sich der Embryo (*e*) stärker

äussersten peripherischen Theile bloss die innere Lamelle der Amnionfalte (der Kopfscheide, Schwanzscheide u. s. w.) aus, und reicht nur bis zum Faltenrand selbst. Die äussere Lamelle wird bloss von der Hornplatte gebildet und liefert das zottige Chorion, dessen hohle verästelte Zotten in die Vertiefungen der mütterlichen Uterus-Schleimhaut hineinwachsen.

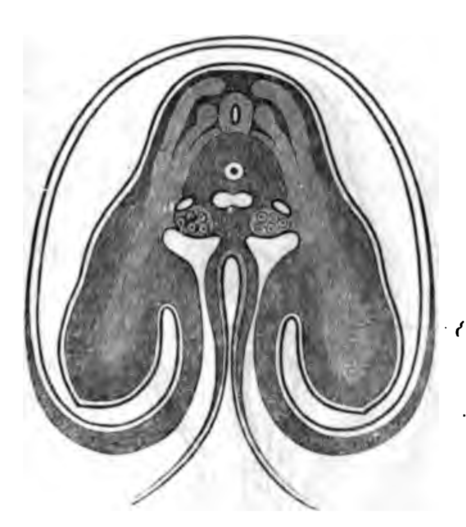


Fig. 142.

Für die Phylogenie des Menschen ist das Amnion besonders insofern von Interesse, als dasselbe einzig und allein eine Eigenthümlichkeit der drei höheren Wirbelthierklassen ist. Nur die Säugethiere, Vögel und Reptilien besitzen dasselbe, und wir fassen deshalb diese drei Klassen unter dem Namen Amnionthiere oder Amnioten zusammen; alle Amnioten, mit Inbegriff des Menschen, stammen von einer gemeinsamen Stammform ab. Hingegen alle niederen Wirbelthiere entbehren dieser characteristischen Amnionbildung vollständig.

Von den drei eben besprochenen blasenförmigen Anhängen des Embryo besitzt das Amnion zu keiner Zeit seiner Existenz Blutgefässe. Dagegen sind die beiden anderen Blasen, Dottersack und Allantois, mit mächtigen Blutgefässen versehen, welche die Ernährung des embryonalen Körpers vermitteln. Hier dürfte es nun am Orte sein, etwas über den ersten Blutkreislauf des Embryo überhaupt zu bemerken und über das Centralorgan desselben, das Herz. Die ersten Blutgefässe und das Herz, sowie auch das erste Blut selbst, entwickeln sich aus dem Darmfaserblatte. Deshalb wurde das letztere auch von früheren Embryologen geradezu »Gefässblatt«

Fig. 142. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens in der Schultergegend (vom fünften Brütetage). Der Schnitt geht mitten durch die Anlagen der Vorderbeine (oder Flügel, *E*). Die Amnionfalten sind oben über dem Rücken des Embryo vollständig zusammengewachsen. (Nach REMAK.) Vergl. im Uebrigen Fig. 139, Fig. 140 und Fig. 141; sowie Taf. V, Fig. 14.

»Scheiden« sind nur Theile einer zusammenhängenden ringförmigen Falte, welche ringsherum den Embryo umgiebt. Diese wird höher und höher, steigt wie ein grosser Ringwall empor und wölbt sich endlich grottenartig über dem Körper des Embryo zusammen. Die Ränder der Ringfalte berühren sich und verwachsen miteinander (Fig. 141, 142). So kommt denn zuletzt der Embryo in einen dünnhäutigen Sack zu liegen, der mit dem »Amnionwasser oder Fruchtwasser« gefüllt ist (Fig. 139, 4, 5 *ah*).

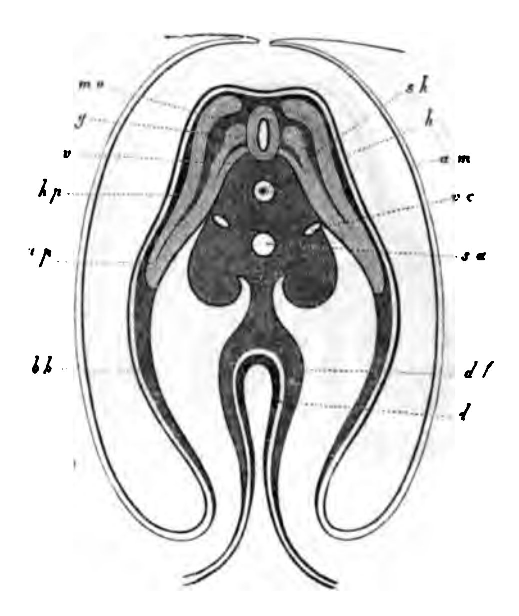


Fig. 141.

Nachdem der völlige Verschluss des Sackes erfolgt ist, löst sich die innere Lamelle der Falte, welche die eigentliche Wand des Amnion-Sackes bildet, vollständig von der äusseren Lamelle ab. Diese letztere legt sich an die äussere Eihaut oder das »Prochorion« inwendig an. Sie verdrängt dasselbe und bildet nun selbst die bleibende »Zottenhaut«, oder das wahre »Chorion«. Dieses besteht bloss aus der Hornplatte. (Fig. 139, 4 *sh*). Hingegen besteht die dünne Wand des Amnion-Sackes aus zwei Schichten: erstens einer inneren Schicht, der Hornplatte, und zweitens einer äusseren Schicht, dem Hautfaserblatte (Fig. 141, 142). Das letztere ist hier allerdings sehr dünn und zart, lässt sich aber doch deutlich als eine directe Fortsetzung der Lederhaut, also der äussersten Spaltungslamelle des mittleren Keimblattes, nachweisen. Das Hautfaserblatt kleidet also mit seinem

Fig. 141. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens in der Nabelgegend (vom fünften Brütetage). Die Amnionfalten (*am*) berühren sich beinahe oben über dem Rücken des Embryo. Der Darm (*d*) geht unten noch offen in den Dottersack über. *df* Darmfaserblatt. *sh* Chorda. *sa* Aorta. *vc* Cardinal-Venen. *bh* Bauchwand, noch nicht geschlossen. *v* vordere, *y* hintere Rückenmarks-Nervenwurzeln. *mu* Muskelplatte. *hp* Lederplatte. *h* Hornplatte. (Nach REMAK.)

äussersten peripherischen Theile bloss die innere Lamelle der Amnionfalte (der Kopfscheide, Schwanzscheide u. s. w.) aus, und reicht nur bis zum Faltenrand selbst. Die äussere Lamelle wird bloss von der Hornplatte gebildet und liefert das zottige Chorion, dessen hohle verästelte Zotten in die Vertiefungen der mütterlichen Uterus-Schleimhaut hineinwachsen.

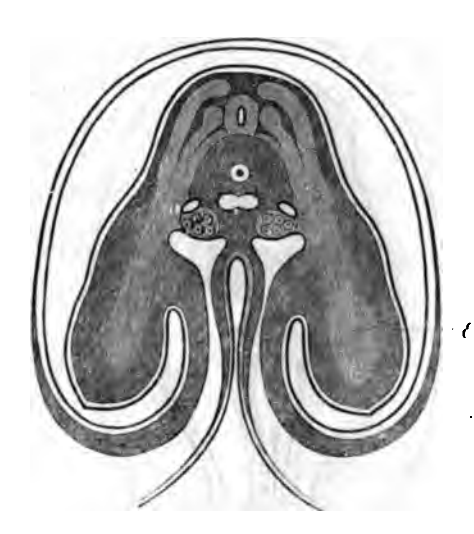


Fig. 142.

Für die Phylogenie des Menschen ist das Amnion besonders insofern von Interesse, als dasselbe einzig und allein eine Eigenthümlichkeit der drei höheren Wirbelthierklassen ist. Nur die Säugethiere, Vögel und Reptilien besitzen dasselbe, und wir fassen deshalb diese drei Klassen unter dem Namen Amnionthiere oder Amnioten zusammen: alle Amnioten, mit Inbegriff des Menschen, stammen von einer gemeinsamen Stammform ab. Hingegen alle niederen Wirbelthiere entbehren dieser characteristischen Amnionbildung vollständig.

Von den drei eben besprochenen blasenförmigen Anhängen des Embryo besitzt das Amnion zu keiner Zeit seiner Existenz Blutgefässe. Dagegen sind die beiden anderen Blasen, Dottersack und Allantois, mit mächtigen Blutgefässen versehen, welche die Ernährung des embryonalen Körpers vermitteln. Hier dürfte es nun am Orte sein, etwas über den ersten Blutkreislauf des Embryo überhaupt zu bemerken und über das Centralorgan desselben, das Herz. Die ersten Blutgefässe und das Herz, sowie auch das erste Blut selbst, entwickeln sich aus dem Darmfaserblatte. Deshalb wurde das letztere auch von früheren Embryologen geradezu »Gefässblatt«

Fig. 142. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens in der Schultergegend (vom fünften Brütetage). Der Schnitt geht mitten durch die Anlagen der Vorderbeine (oder Flügel, *E*). Die Amnionfalten sind oben über dem Rücken des Embryo vollständig zusammengewachsen. (Nach Remak.) Vergl. im Uebrigen Fig. 139, Fig. 140 und Fig. 141; sowie Taf. V, Fig. 14.

genannt. Die Benennung ist in einem gewissen Sinne ganz richtig. Nur ist sie nicht so zu verstehen, als ob alle Blutgefässe des Körpers aus diesem Blatte hervorgingen, oder als ob das ganze Gefässblatt nur für die Bildung von Blutgefässen verwendet würde. Beides ist nicht der Fall. Vielmehr wissen Sie bereits, dass das Darmfaserblatt ausserdem auch die ganze faserige und muskulöse Wand des Darmrohres, sowie das Gekröse oder Mesenterium bildet. Später werden Sie sehen, dass Blutgefässe auch in anderen Theilen, insbesondere in den verschiedenen Producten des Hautfaserblattes, selbstständig sich bilden können.

Das Herz und die Blutgefässe, sowie überhaupt das ganze Gefäss-System, gehören keineswegs zu den ältesten Theilen des thierischen Organismus. Schon ARISTOTELES hatte angenommen, dass das Herz beim bebrüteten Hühnchen zuerst von allen Theilen gebildet werde: und viele spätere Schriftsteller theilten diese Annahme. Das ist aber keineswegs der Fall. Vielmehr sind die wichtigsten Körpertheile, namentlich die vier secundären Keimblätter, Markrohr und Chorda, bereits angelegt, ehe die erste Spur des Blutgefäss-Systems erscheint. Diese Thatsache ist, wie wir später sehen werden, ganz in Einklang mit der Phylogenie des Thierreichs. Unsere älteren thierischen Vorfahren besassen weder Blut, noch Herz.

Die ersten Blutgefässe des Säugethier-Embryo kennen Sie bereits aus den früher von uns untersuchten Querschnitten. Es sind das erstens die beiden Urarterien oder »primitiven Aorten«, welche in den engen Längsspalten zwischen Urwirbelsträngen, Seitenplatten und Darmdrüsenblatt liegen (Fig. 92 *ao*, Fig. 95, 96 *ao*), und zweitens die beiden Hauptvenen oder »Cardinal-Venen«, welche etwas später nach aussen von ersteren, oberhalb der Urnierengänge, auftreten (Fig. 96 *ce*, Fig. 141 *ce*). Die Urarterien scheinen durch Abspaltung aus den innersten Theilen, die Hauptvenen hingegen durch Abspaltung aus den äussersten Theilen des Darmfaserblattes zu entstehen.

In ganz derselben Weise und in Zusammenhang mit diesen ersten Gefässen entsteht aus dem Darmfaserblatte auch das Herz, und zwar in der unteren Wand des Vorderdarmes, ganz weit vorn an der Kehle, wo das Herz bei den Fischen zeitlebens liegt. Vielleicht mag es wenig poetisch erscheinen, dass sich das Herz gerade aus der Darmwand entwickelt. Allein die Thatsache ist nicht zu ändern, und auch phylogenetisch sehr gut begreiflich. Immerhin sind die Wirbelthiere in dieser Beziehung ästhetischer als die Muscheln. Bei diesen bleibt

das Herz zeitlebens hinten an der Wand des Mastdarmes, nahe dem After, liegen, so dass das Herz vom Mastdarm durchbohrt zu werden scheint.

In der Mitte zwischen den Kiemenbogen der beiden Kopfseiten, und etwas dahinter, an der Kehle des Embryo, entwickelt sich in der unteren Wand der Kopfdarmhöhle eine schwielenartige Verdickung des Darmfaserblattes (Fig. 143 *df*). Das ist die erste Anlage des

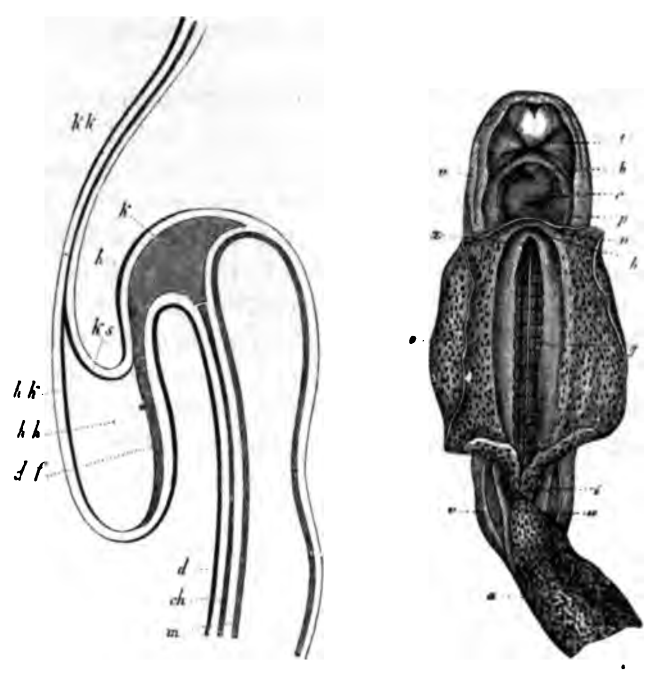


Fig. 143. Fig. 144.

Herzens. Diese Verdickung ist spindelförmig und anfangs ganz solid, bloss aus Zellen des Darmfaserblattes gebildet. Dann aber krümmt sie sich Sförmig (Fig. 144 *c*), und es entsteht in ihrem Inneren eine

Fig. 143. Längsschnitt durch den Kopf eines Hühner-Embryo vom Ende des ersten Brütetages. *m* Markrohr. *ch* Chorda. *d* Darmrohr (vorn blind geschlossen). *k* Kopfplatten. *df* erste Anlage des Herzens (in dem Darmfaserblatte der Bauchwand des Kopfdarmes). *hh* Herzhöhle. *hk* Herzkappe. *kk* Kopfkappe des Amnion. *ks* Kopfscheide. *h* Hornplatte. (Nach Remak.)

Fig. 144. Menschlicher Embryo von 14—18 Tagen, von der Bauchseite geöffnet. Unter dem Stirnfortsatze des Kopfes (*t*) zeigt sich in der Herzhöhle (*p*) das Herz (*c*) mit der Basis der Aorta (*b*). Der Dottersack (*o*) ist grösstentheils entfernt (bei *x* Einmündung des Vorderdarmes). *g* Primitive Aorten (unter den Urwirbeln gelegen). *i* Enddarm. *a* Allantois (*u* deren Stiel). *v* Amnion. (Nach Coste.)

kleine Höhlung, indem ein wenig Flüssigkeit sich zwischen den Zellen in der Mitte ansammelt. Einzelne Zellen der Wand lösen sich los und schwimmen in dieser Flüssigkeit umher. Diese Zellen sind die ersten Blutzellen und die Flüssigkeit ist das erste Blut. Ebenso entsteht das Blut auch in den ersten Gefässanlagen, die mit dem Herzen zusammenhängen. Auch diese sind anfangs solide, runde Zellenstränge. Dann höhlen sie sich aus, indem sich Flüssigkeit in ihrer Axe absondert, einzelne Zellen sich ablösen und zu Blutzellen werden. Das gilt ebensowohl von den Arterien oder »Schlagadern« (die das Blut aus dem Herzen wegführen), als von den Venen oder »Blutadern« (welche das Blut zum Herzen zurückleiten).

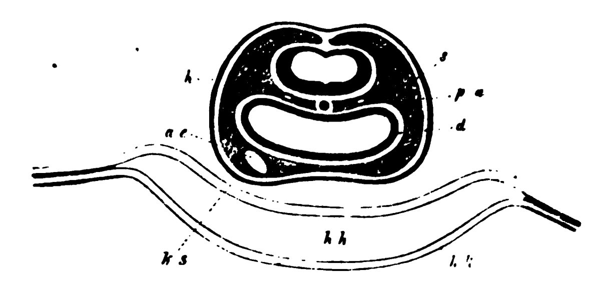


Fig. 145.

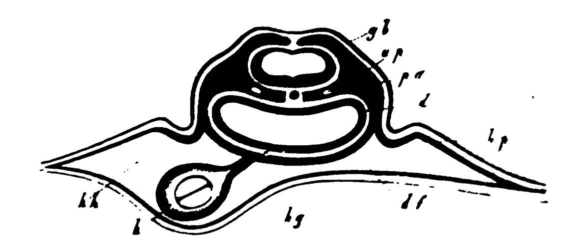


Fig. 146.

Fig. 145. Querschnitt durch den Kopf eines Hühner-Keimes von 36 Stunden. Unterhalb des Markrohres sind in den Kopfplatten (s) die beiden primitiven Aorten sichtbar (pa) beiderseits der Chorda. Unterhalb des Schlundes (d) sieht man das Aorten-Ende des Herzens (ae). hh Herzhöhle. hk Herzkappe. ks Kopfscheide. Amnionfalte. h Hornplatte. (Nach Remak.)

Fig. 146. Querschnitt durch die Herzgegend desselben Hühner-Keimes (hinter dem vorigen). In der Herzhöhle (hh) ist das Herz (h) noch durch ein Herzgekröse (hg) mit dem Darmfaserblatt (df) des Vorderdarmes verbunden. d Darmdrüsenblatt. up Urwirbelplatten. gh Anlage des Gehörbläschens in der Hornplatte. hp erste Erhebung der Amnionfalte. (Nach Remak.)



Anfänglich liegt das Herz in der Darmwand selbst, aus der es entstanden ist, ebenso wie die ersten Haupt-Blutgefässstämme, die von ihm ausgehen. Das Herz selbst ist ja eigentlich weiter Nichts, als eine locale Erweiterung eines solchen Gefässstammes. Bald aber schnürt sich das Herz von seiner Ursprungsstätte ab, und kommt nun frei in eine Höhle zu liegen, welche die Herzhöhle heisst (Fig. 145, *hh*, 146 *hh*). Diese Herzhöhle ist weiter Nichts als der vorderste Theil der Leibeshöhle oder des Coeloms, welcher als hufeisenförmiger Bogen die rechte und linke Coelomspalte (Fig. 140) mit einander verbindet. Die Wand der Herzhöhle wird daher wie die der übrigen Leibeshöhle theils von dem Darmfaserblatte (Fig. 146 *df*), theils von dem Hautfaserblatte gebildet (*hp*). Während sich das Herz von dem Vorderdarm abschnürt, hängt es kurze Zeit noch durch eine dünne Platte, ein »Herzgekröse« (*hg*), mit ersterem zusammen. Nachher liegt es ganz frei in der Herzhöhle und steht nur noch durch die von ihm ausgehenden Gefässstämme mit der Darmwand in directer Verbindung.

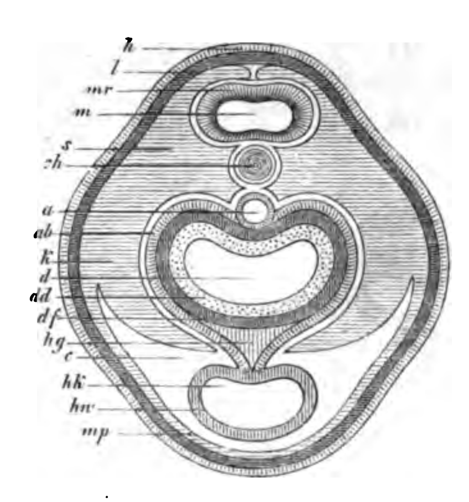


Fig. 147.

Das vordere Ende des spindelförmigen Herzschlauches, der bald eine Sförmig gekrümmte Gestalt annimmt, spaltet sich in einen rechten und linken Ast. Diese beiden Röhren sind bogenförmig nach oben gekrümmt und stellen die beiden ersten Aorten-Bogen dar. Sie steigen in der Wand des Vorderdarmes empor, den sie gewissermaassen umschlingen, und vereinigen sich dann oben, an der oberen Wand der Kopfdarmhöhle, zu einem grossen unpaaren Arterien-Stamm, der unmittelbar

Fig. 147. Schematischer Querschnitt durch den Kopf eines Säugethier-Embryo. *h* Hornplatte *m* Markrohr (Hirnblase). *mr* Wand desselben. *l* Lederplatte. *s* Schädel-Anlage. *ch* Chorda. *k* Kiemenbogen. *mp* Muskelplatte. *c* Herzhöhle, vorderster Theil der Leibeshöhle (Coelom). *d* Darmrohr. *dd* Darmdrüsenblatt. *df* Darmmuskelplatte. *hg* Herzgekröse. *hw* Herzwand. *hk* Herzkammer. *ab* Aortenbogen. *a* Querschnitt des Aortenstammes.

unter der Chorda nach hinten verläuft und der Aorten-Stamm genannt wird (Fig. 147 *a*). Das erste Aortenbogen-Paar steigt an der Innenwand des ersten Kiemenbogen-Paares empor und liegt also zwischen dem ersten Kiemenbogen (*k*) nach aussen und dem Vorderdarm (*d*) nach innen, gerade so wie diese Gefässbogen beim erwachsenen Fische zeitlebens liegen. Der unpaare Aorten-Stamm, welcher aus der oberen Vereinigung dieser beiden ersten Gefässbogen hervorgeht, spaltet sich alsbald wieder in zwei parallele Aeste, die beiderseits der Chorda nach hinten verlaufen. Das sind die Ihnen bereits bekannten »primitiven Aorten«, die auch hintere Wirbel-Arterien heissen (*Arteriae vertebrales posteriores*). Hinten geben nun diese beiden Arterienstämme jederseits unter rechten Winkeln 4—5 Aeste ab, welche aus dem Embryokörper hinüber in den Fruchthof treten und **Nabelgekrös-Arterien** (*Arteriae omphalo-mesentericae*) oder **Dotter-Arterien** (*Arteriae vitellinae*) heissen. Sie stellen die erste

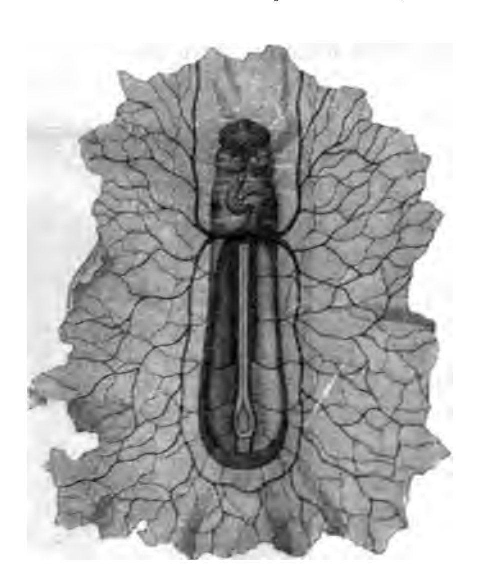


Fig. 148.

Anlage eines Fruchthof-Kreislaufes dar. Die erste Gefässbildung geht also über den Embryokörper hinaus und erstreckt sich bis zum Rande des Fruchthofes. Es entstehen zahlreiche Gefässe in dem Darmfaserblatte des Fruchthofes. Anfangs bleiben sie auf den dunkeln Fruchthof oder den sogenannten »Gefässhof« (Area opaca oder Area vasculosa) beschränkt. Später aber dehnen sie sich über die ganze Oberfläche der Keimdarmblase aus. Der ganze Dottersack erscheint zuletzt von einem Gefässnetze überzogen. Die Blutgefässe

Fig. 148. Kahnförmiger Keim des Hundes, von der Bauchseite, etwa 10mal vergrössert. Vorn ist unter der Stirn das erste Paar Kiemenbogen sichtbar; darunter das Sförmig gebogene Herz, neben welchem seitlich die beiden Gehörbläschen liegen. Hinten spaltet sich das Herz in die beiden Dottervenen, die sich im ringsum abgerissenen Fruchthof ausbreiten. Im Grunde der offenen Bauchhöhle liegen zwischen den Urwirbeln die primitiven Aorten, von denen fünf Paar Dotterarterien ausgehen. Nach Bischoff.

Zu den Placentalthieren gehören die Hufthiere, Walfische, Raubthiere, Insectenfresser, Nagethiere, Fledermäuse, Affen und Menschen. Diese Thatsache ist ein directer Beweis dafür, dass der Mensch aus dieser Gruppe der Säugethiere sich entwickelt hat.

Die Allantois ist also für den Stammbaum des Menschen in zweifacher Beziehung von Interesse; erstens weil dieser Anhang den niederen Wirbelthierklassen überhaupt fehlt, und nur bei den drei höheren Wirbelthierklassen, den Reptilien, Vögeln und Säugethieren, zur Entwickelung kommt; und zweitens, weil die Placenta aus der Allantois sich nur bei den höheren Säugethieren und dem Menschen entwickelt, nicht aber bei den niederen Säugethieren. Erstere heissen eben deshalb »Placentalthiere«.

Ebenso gehört zu den charakteristischen Eigenthümlichkeiten der drei höheren Wirbelthierklassen der dritte, früher schon erwähnte Anhang des Embryo, das Amnion, die sogenannte »Fruchthaut oder Wasserhaut.« Das Amnion haben wir kennen gelernt bei Gelegenheit der Abschnürung des Embryo von der Keimdarmblase. Wir fanden, dass die Wände derselben sich rings um den embryonalen Körper herum in Form einer ringförmigen Falte erheben. Vorn tritt diese Falte hoch hervor in Form der sogenannten »Kopfkappe oder Kopfscheide« (Fig. 139, 2, *ks*); hinten wölbt sie sich ebenfalls stark empor als »Schwanzkappe oder Schwanzscheide« (Fig. 139, 2, *ss*); seitlich rechts und links ist die Falte anfangs niedriger und heisst hier »Seitenkappe oder Seitenscheide« (Fig. 140; Fig. 95, 96 *af*, S. 254). Alle diese »Kappen oder

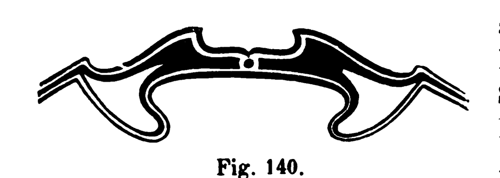


Fig. 140.

von der Keimblase (*ds*) abschnürt, entsteht der Darmcanal (*dd*), aus dessen hinterem Ende die Allantois hervorwächst (*al*). In Fig. 4 wird die Allantois (*al*) grösser; der Dottersack (*ds*) kleiner. In Fig. 5 zeigt der Embryo bereits die Kiemenspalten und die Anlagen der beiden Beinpaare; das Chorion hat verästelte Zotten gebildet. In allen 5 Figuren bedeutet: *e* Embryo. *a* Aeusseres Keimblatt. *m* Mittleres Keimblatt. *i* Inneres Keimblatt. *am* Amnion. (*ks* Kopfscheide. *ss* Schwanzscheide). *ah* Amnion-Höhle. *as* Amnionscheide des Nabelstranges. *kh* Keimdarmblase. *ds* Dottersack (Nabelblase). *dg* Dottergang. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *al* Allantois. *vl*=*hh* Herzgegend. *d* Dotterhaut oder Prochorion. *d'* Zöttchen desselben. *sh* Seröse Hülle. *sz* Zotten derselben. *ch* Zottenhaut oder Chorion. *chz* Zotten desselben. *st* Terminal-Vene. *r* Der mit Flüssigkeit gefüllte Raum zwischen Amnion und Chorion. (Nach KÖLLIKER.) Vergl. Taf. V, Fig. 14 und 15.

Fig. 140. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens (etwas hinter der vorderen Darmpforte) vom Ende des ersten Brütetages. Oben ist die Markrinne, unten die Darmrinne noch weit offen. Jederseits ist die Anlage der Leibeshöhle zwischen Hautfaserblatt und Darmfaserblatt sichtbar. Rechts und links davon nach aussen beginnen sich die Seitenkappen des Amnion zu erheben. (Nach REMAK).

Scheiden« sind nur Theile einer zusammenhängenden ringförmigen Falte, welche ringsherum den Embryo umgiebt. Diese wird höher und höher, steigt wie ein grosser Ringwall empor und wölbt sich endlich grottenartig über dem Körper des Embryo zusammen. Die Ränder der Ringfalte berühren sich und verwachsen mit einander (Fig. 141, 142). So kommt denn zuletzt der Embryo in einen dünnhäutigen Sack zu liegen, der mit dem »Amnionwasser oder Fruchtwasser« gefüllt ist (Fig. 139, 4, 5 *ah*).

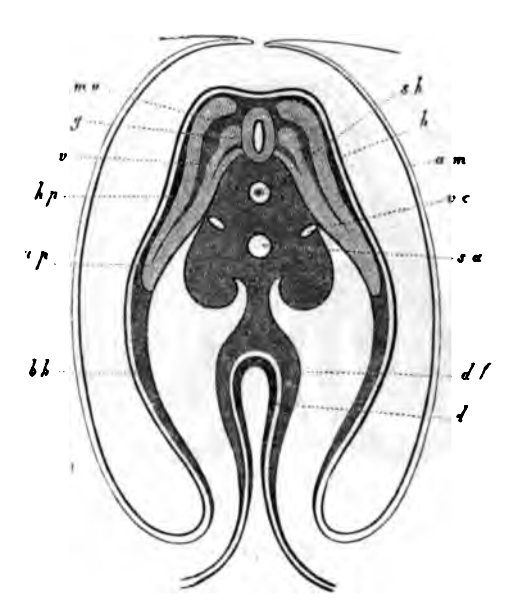


Fig. 141.

Nachdem der völlige Verschluss des Sackes erfolgt ist, löst sich die innere Lamelle der Falte, welche die eigentliche Wand des Amnion-Sackes bildet, vollständig von der äusseren Lamelle ab. Diese letztere legt sich an die äussere Eihaut oder das »Prochorion« inwendig an. Sie verdrängt dasselbe und bildet nun selbst die bleibende »Zottenhaut«, oder das wahre »Chorion«. Dieses besteht bloss aus der Hornplatte. (Fig. 139, 4 *sh*). Hingegen besteht die dünne Wand des Amnion-Sackes aus zwei Schichten: erstens einer inneren Schicht, der Hornplatte, und zweitens einer äusseren Schicht, dem Hautfaserblatte (Fig. 141, 142). Das letztere ist hier allerdings sehr dünn und zart, lässt sich aber doch deutlich als eine directe Fortsetzung der Lederhaut, also der äussersten Spaltungslamelle des mittleren Keimblattes, nachweisen. Das Hautfaserblatt kleidet also mit seinem

---

Fig. 141. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens in der Nabelgegend (vom fünften Brütetage). Die Amnionfalten (*am*) berühren sich beinahe oben über dem Rücken des Embryo. Der Darm (*d*) geht unten noch offen in den Dottersack über. *df* Darmfaserblatt. *sh* Chorda. *sa* Aorta. *vc* Cardinal-Venen. *bh* Bauchwand, noch nicht geschlossen. *v* vordere, *g* hintere Rückenmarks-Nervenwurzeln. *mu* Muskelplatte. *hp* Lederplatte. *h* Hornplatte. (Nach REMAK.)

äussersten peripherischen Theile bloss die innere Lamelle der Amnionfalte (der Kopfscheide, Schwanzscheide u. s. w.) aus, und reicht nur bis zum Faltenrand selbst. Die äussere Lamelle wird bloss von der Hornplatte gebildet und liefert das zottige Chorion, dessen hohle verästelte Zotten in die Vertiefungen der mütterlichen Uterus-Schleimhaut hineinwachsen.

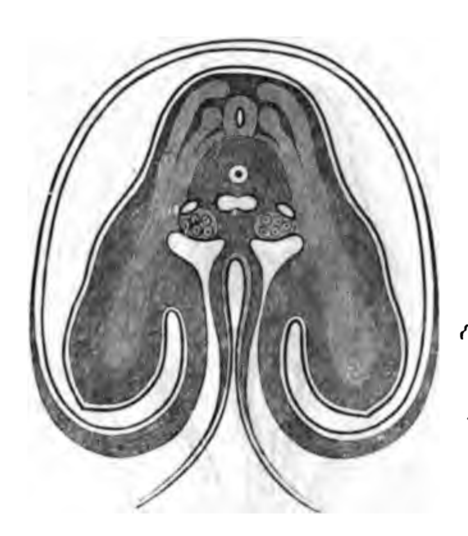


Fig. 142.

Für die Phylogenie des Menschen ist das Amnion besonders insofern von Interesse, als dasselbe einzig und allein eine Eigenthümlichkeit der drei höheren Wirbelthierklassen ist. Nur die Säugethiere, Vögel und Reptilien besitzen dasselbe, und wir fassen deshalb diese drei Klassen unter dem Namen Amnionthiere oder Amnioten zusammen: alle Amnioten, mit Inbegriff des Menschen, stammen von einer gemeinsamen Stammform ab. Hingegen alle niederen Wirbelthiere entbehren dieser characteristischen Amnionbildung vollständig.

Von den drei eben besprochenen blasenförmigen Anhängen des Embryo besitzt das Amnion zu keiner Zeit seiner Existenz Blutgefässe. Dagegen sind die beiden anderen Blasen, Dottersack und Allantois, mit mächtigen Blutgefässen versehen, welche die Ernährung des embryonalen Körpers vermitteln. Hier dürfte es nun am Orte sein, etwas über den ersten Blutkreislauf des Embryo überhaupt zu bemerken und über das Centralorgan desselben, das Herz. Die ersten Blutgefässe und das Herz, sowie auch das erste Blut selbst, entwickeln sich aus dem Darmfaserblatte. Deshalb wurde das letztere auch von früheren Embryologen geradezu »Gefässblatt«

Fig. 142. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens in der Schultergegend (vom fünften Brütetage). Der Schnitt geht mitten durch die Anlagen der Vorderbeine (oder Flügel, *E*). Die Amnionfalten sind oben über dem Rücken des Embryo vollständig zusammengewachsen. (Nach Remak.) Vergl. im Uebrigen Fig. 139, Fig. 140 und Fig. 141; sowie Taf. V, Fig. 14.

genannt. Die Benennung ist in einem gewissen Sinne ganz richtig. Nur ist sie nicht so zu verstehen, als ob alle Blutgefässe des Körpers aus diesem Blatte hervorgingen, oder als ob das ganze Gefässblatt nur für die Bildung von Blutgefässen verwendet würde. Beides ist nicht der Fall. Vielmehr wissen Sie bereits, dass das Darmfaserblatt ausserdem auch die ganze faserige und muskulöse Wand des Darmrohres, sowie das Gekröse oder Mesenterium bildet. Später werden Sie sehen, dass Blutgefässe auch in anderen Theilen, insbesondere in den verschiedenen Producten des Hautfaserblattes, selbstständig sich bilden können.

Das Herz und die Blutgefässe, sowie überhaupt das ganze Gefäss-System, gehören keineswegs zu den ältesten Theilen des thierischen Organismus. Schon ARISTOTELES hatte angenommen, dass das Herz beim bebrüteten Hühnchen zuerst von allen Theilen gebildet werde; und viele spätere Schriftsteller theilten diese Annahme. Das ist aber keineswegs der Fall. Vielmehr sind die wichtigsten Körpertheile, namentlich die vier secundären Keimblätter, Markrohr und Chorda, bereits angelegt, ehe die erste Spur des Blutgefäss-Systems erscheint. Diese Thatsache ist, wie wir später sehen werden, ganz in Einklang mit der Phylogenie des Thierreichs. Unsere älteren thierischen Vorfahren besassen weder Blut, noch Herz.

Die ersten Blutgefässe des Säugethier-Embryo kennen Sie bereits aus den früher von uns untersuchten Querschnitten. Es sind das erstens die beiden Urarterien oder »primitiven Aorten«, welche in den engen Längsspalten zwischen Urwirbelsträngen, Seitenplatten und Darmdrüsenblatt liegen (Fig. 92 *ao*, Fig. 95, 96 *ao*), und zweitens die beiden Hauptvenen oder »Cardinal-Venen«, welche etwas später nach aussen von ersteren, oberhalb der Urnierengänge, auftreten (Fig. 96 *vc*, Fig. 111 *vc*). Die Urarterien scheinen durch Abspaltung aus den innersten Theilen, die Hauptvenen hingegen durch Abspaltung aus den äussersten Theilen des Darmfaserblattes zu entstehen.

In ganz derselben Weise und in Zusammenhang mit diesen ersten Gefässen entsteht aus dem Darmfaserblatte auch das Herz, und zwar in der unteren Wand des Vorderdarmes, ganz weit vorn an der Kehle, wo das Herz bei den Fischen zeitlebens liegt. Vielleicht mag es wenig poetisch erscheinen, dass sich das Herz gerade aus der Darmwand entwickelt. Allein die Thatsache ist nicht zu ändern, und auch phylogenetisch sehr gut begreiflich. Immerhin sind die Wirbelthiere in dieser Beziehung ästhetischer als die Muscheln. Bei diesen bleibt

das Herz zeitlebens hinten an der Wand des Mastdarmes, nahe dem After, liegen, so dass das Herz vom Mastdarm durchbohrt zu werden scheint.

In der Mitte zwischen den Kiemenbogen der beiden Kopfseiten, und etwas dahinter, an der Kehle des Embryo, entwickelt sich in der unteren Wand der Kopfdarmhöhle eine schwielenartige Verdickung des Darmfaserblattes (Fig. 143 *df*). Das ist die erste Anlage des

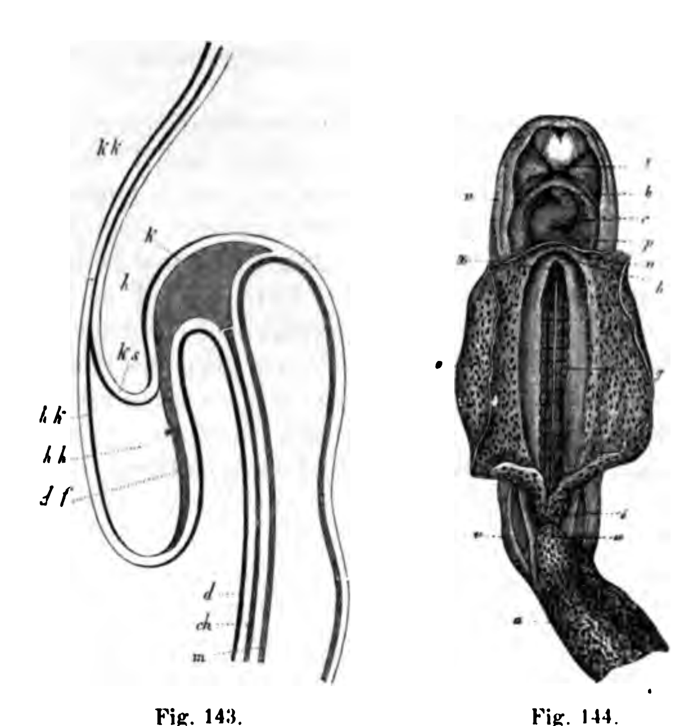


Fig. 143. Fig. 144.

Herzens. Diese Verdickung ist spindelförmig und anfangs ganz solid, bloss aus Zellen des Darmfaserblattes gebildet. Dann aber krümmt sie sich Sförmig (Fig. 144 *c*), und es entsteht in ihrem Inneren eine

Fig. 143. Längsschnitt durch den Kopf eines Hühner-Embryo vom Ende des ersten Brütetages. *m* Markrohr. *ch* Chorda. *d* Darmrohr (vorn blind geschlossen). *k* Kopfplatten. *df* erste Anlage des Herzens (in dem Darmfaserblatte der Bauchwand des Kopfdarmes). *hh* Herzhöhle. *hk* Herzkappe. *kk* Kopfkappe des Amnion. *ks* Kopfscheide. *h* Hornplatte. (Nach REMAK.)

Fig. 144. Menschlicher Embryo von 14—18 Tagen, von der Bauchseite geöffnet. Unter dem Stirnfortsatze des Kopfes (*t*) zeigt sich in der Herzhöhle (*p*) das Herz (*c*) mit der Basis der Aorta (*b*). Der Dottersack (*o*) ist grösstentheils entfernt (bei *x* Einmündung des Vorderdarmes). *g* Primitive Aorten (unter den Urwirbeln gelegen). *i* Enddarm. *a* Allantois (*u* deren Stiel). *v* Amnion. (Nach COSTE.)

kleine Höhlung, indem ein wenig Flüssigkeit sich zwischen den Zellen in der Mitte ansammelt. Einzelne Zellen der Wand lösen sich los und schwimmen in dieser Flüssigkeit umher. Diese Zellen sind die ersten Blutzellen und die Flüssigkeit ist das erste Blut. Ebenso entsteht das Blut auch in den ersten Gefässanlagen, die mit dem Herzen zusammenhängen. Auch diese sind anfangs solide, runde Zellenstränge. Dann höhlen sie sich aus, indem sich Flüssigkeit in ihrer Axe absondert, einzelne Zellen sich ablösen und zu Blutzellen werden. Das gilt ebensowohl von den Arterien oder »Schlagadern« (die das Blut aus dem Herzen wegführen), als von den Venen oder »Blutadern« (welche das Blut zum Herzen zurückleiten).

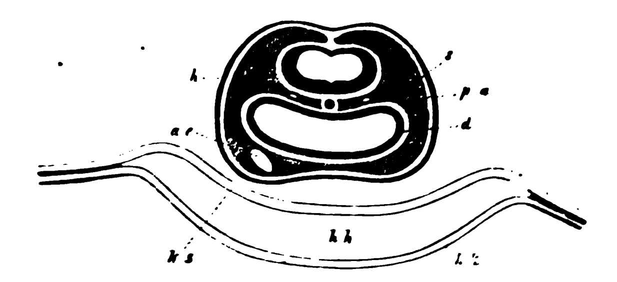


Fig. 145.

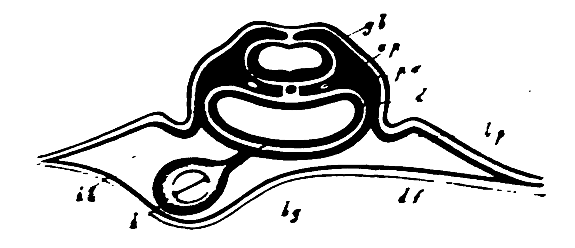


Fig. 146.

Fig. 145. [illegible] Hühner-Keimes [illegible] Unterhalb [illegible] Aorten [illegible] Ende des Herzens [illegible] Herzhöhle [illegible] h Hornplatte. [illegible]

Fig. 146. [illegible] Hühner-Keimes [illegible] der Amnionfalte. [illegible]

Anfänglich liegt das Herz in der Darmwand selbst, aus der es entstanden ist, ebenso wie die ersten Haupt-Blutgefässstämme, die von ihm ausgehen. Das Herz selbst ist ja eigentlich weiter Nichts, als eine locale Erweiterung eines solchen Gefässstammes. Bald aber schnürt sich das Herz von seiner Ursprungsstätte ab, und kommt nun frei in eine Höhle zu liegen, welche die Herzhöhle heisst (Fig. 145, *hh*, 146 *hh*). Diese Herzhöhle ist weiter Nichts als der vorderste Theil der Leibeshöhle oder des Coeloms, welcher als hufeisenförmiger Bogen die rechte und linke Coelomspalte (Fig. 140) mit einander verbindet. Die Wand der Herzhöhle wird daher wie die der übrigen Leibeshöhle theils von dem Darmfaserblatte (Fig. 146 *df*), theils von dem Hautfaserblatte gebildet *hp*). Während sich das Herz von dem Vorderdarm abschnürt, hängt es kurze Zeit noch durch eine dünne Platte, ein »Herzgekröse« (*hg*), mit ersterem zusammen. Nachher liegt es ganz frei in der Herzhöhle und steht nur noch durch die von ihm ausgehenden Gefässstämme mit der Darmwand in directer Verbindung.

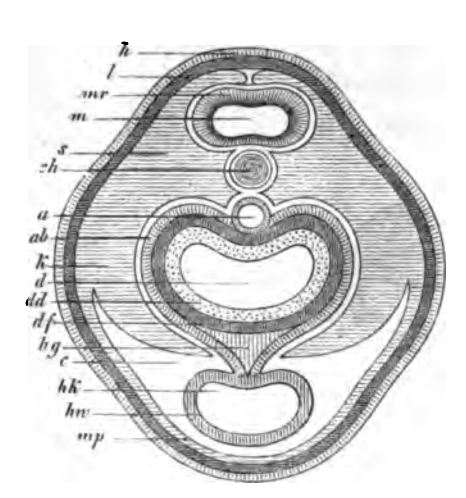


Fig. 147.

Das vordere Ende des spindelförmigen Herzschlauches, der bald eine Sförmig gekrümmte Gestalt annimmt, spaltet sich in einen rechten und linken Ast. Diese beiden Röhren sind bogenförmig nach oben gekrümmt und stellen die beiden ersten Aorten-Bogen dar. Sie steigen in der Wand des Vorderdarmes empor, den sie gewissermaassen umschlingen, und vereinigen sich dann oben, an der oberen Wand der Kopfdarmhöhle, zu einem grossen unpaaren Arterien-Stamm, der unmittelbar

Fig. 147. Schematischer Querschnitt durch den Kopf eines Säugethier-Embryo. *h* Hornplatte *m* Markrohr (Hirnblase). *mr* Wand desselben. *l* Lederplatte. *s* Schädel-Anlage. *ch* Chorda. *k* Kiemenbogen. *mp* Muskelplatte. *c* Herzhöhle, vorderster Theil der Leibeshöhle (Coelom). *d* Darmrohr. *dd* Darmdrüsenblatt. *df* Darmmuskelplatte. *hg* Herzgekröse. *hw* Herzwand. *hk* Herzkammer. *ab* Aortenbogen. *a* Querschnitt des Aortenstammes.

unter der Chorda nach hinten verläuft und der Aorten-Stamm genannt wird (Fig. 147 *a*). Das erste Aortenbogen-Paar steigt an der Innenwand des ersten Kiemenbogen-Paares empor und liegt also zwischen dem ersten Kiemenbogen (*k*) nach aussen und dem Vorderdarm (*d*) nach innen, gerade so wie diese Gefässbogen beim erwachsenen Fische zeitlebens liegen. Der unpaare Aorten-Stamm, welcher aus der oberen Vereinigung dieser beiden ersten Gefässbogen hervorgeht, spaltet sich alsbald wieder in zwei parallele Aeste, die beiderseits der Chorda nach hinten verlaufen. Das sind die Ihnen bereits bekannten »primitiven Aorten«, die auch hintere Wirbel-Arterien heissen (*Arteriae vertebrales posteriores*). Hinten geben nun diese beiden Arterienstämme jederseits unter rechten Winkeln 4—5 Aeste ab, welche aus dem Embryokörper hinüber in den Fruchthof treten und **Nabelgekrös-Arterien** (*Arteriae omphalo-mesentericae*) oder **Dotter-Arterien** (*Arteriae vitellinae*) heissen. Sie stellen die erste Anlage eines Fruchthof-Kreislaufes dar. Die erste Gefässbildung geht also über den Embryokörper hinaus und erstreckt sich bis zum Rande des Fruchthofes. Es entstehen zahlreiche Gefässe in dem Darmfaserblatte des Fruchthofes. Anfangs bleiben sie auf den dunkeln Fruchthof oder den sogenannten »Gefässhof« (Area opaca oder Area vasculosa) beschränkt. Später aber dehnen sie sich über die ganze Oberfläche der Keimdarmblase aus. Der ganze Dottersack erscheint zuletzt von einem Gefässnetze überzogen. Die Blutgefässe



Fig. 148.

Fig. 148. Kahnförmiger Keim des Hundes, von der Bauchseite, etwa 10mal vergrössert. Vorn ist unter der Stirn das erste Paar Kiemenbogen sichtbar; darunter das Sförmig gebogene Herz, neben welchem seitlich die beiden Gehörbläschen liegen. Hinten spaltet sich das Herz in die beiden Dottervenen, die sich im (ringsum abgerissenen) Fruchthof ausbreiten. Im Grunde der offenen Bauchhöhle liegen zwischen den Urwirbeln die primitiven Aorten, von denen fünf Paar Dotterarterien ausgehen. (Nach Bischoff.)

haben die Aufgabe, Nahrungsstoffe aus dem Inhalte des Dottersackes zu sammeln und dem embryonalen Körper zuzuführen. Das geschieht durch Venen, durch rückführende Gefässe, welche erst vom Fruchthofe und später vom Dottersacke in das hintere Ende des Herzens hineintreten. Diese Venen heissen Dotter-Venen (*Venae vitellinae*): sie werden auch häufig Nabelgekrös-Venen (*Venae omphalo-mesentericae*) genannt.

Der erste Blutkreislauf des Embryo (Fig. 148—150) zeigt also bei allen höheren Wirbelthierklassen folgende einfache Anordnung.



Fig. 149.

Das ganz einfache schlauchförmige Herz (Fig. 150 *d*) spaltet sich vorn sowohl als hinten in zwei Gefässe. Die hinteren Gefässe sind die zuführenden Dottervenen. Sie nehmen Nahrungssubstanz aus der Keimblase oder dem Dottersacke auf und führen diese dem Embryokörper zu. Die vorderen Gefässe sind die abführenden Kiemenbogen-

Fig. 149. Embryo und Fruchthof eines Kaninchens, bei dem die erste Anlage der Blutgefässe erscheint, von der Bauchseite gesehen, etwa 10mal vergrössert. Das hintere Ende des einfachen Herzens (*a*) spaltet sich in zwei starke Dottervenen, welche in dem dunkeln (auf dem schwarzen Grunde hell erscheinenden) Fruchthofe ein Gefässnetz bilden. Am Kopfende sieht man das Vorderhirn mit den beiden Augenblasen (*b*, *b*). Die dunklere Mitte des Keimes ist die weit offene Darmhöhle. Beiderseits der Chorda sind 10 Urwirbel sichtbar. (Nach Bischoff.)

Arterien, welche als aufsteigende Aortenbogen das vordere Darmende umschlingen und in dem Aorten-Stamm sich vereinigen. Die beiden Aeste, die aus der Spaltung dieser Hauptarterie entstehen, die »primitiven Aorten«, geben rechts und links die Dotter-Arterien ab, welche aus dem Embryokörper austreten und in den Fruchthof übergehen. Hier und in der Peripherie der Nabelblase unterscheidet man zwei Schichten von Gefässen, die oberflächliche Arterien-Schicht und die untere Venen-Schicht. Beide hängen zusammen. Anfangs ist dieses



Fig. 150.

Gefäss-System nur über die Peripherie des Fruchthofes bis zu dessen Rande ausgedehnt. Hier am Rande des dunkeln Gefässhofes vereinigen sich alle Aeste in einer grossen Randvene (*Vena terminalis*, Fig. 150 *a*). Später verschwindet diese Vene, sobald im Laufe der

---

Fig. 150. Embryo und Fruchthof eines Kaninchens, bei dem das erste Blutgefäss-System völlig ausgebildet ist, von der Bauchseite gesehen, etwa 5mal vergrössert. Das hintere Ende des Sförmig gekrümmten Herzens (*d*) spaltet sich in zwei starke Dottervenen, von denen jede einen vorderen Ast (*b*) und einen hinteren Ast (*c*) abgiebt. Die Enden derselben vereinigen sich in der ringförmigen Grenzvene (*a*). In dem Fruchthofe ist das gröbere (tiefer gelegene) venöse Netz und das feinere (mehr oberflächlich gelegene) arterielle Netz sichtbar. Die Dotter-Arterien (*f*) münden in die beiden primitiven Aorten (*e*). Der dunkle Hof, welcher wie ein Heiligenschein den Kopf umgiebt, entspricht der Vertiefung der Kopfkappe. (Nach BISCHOFF).

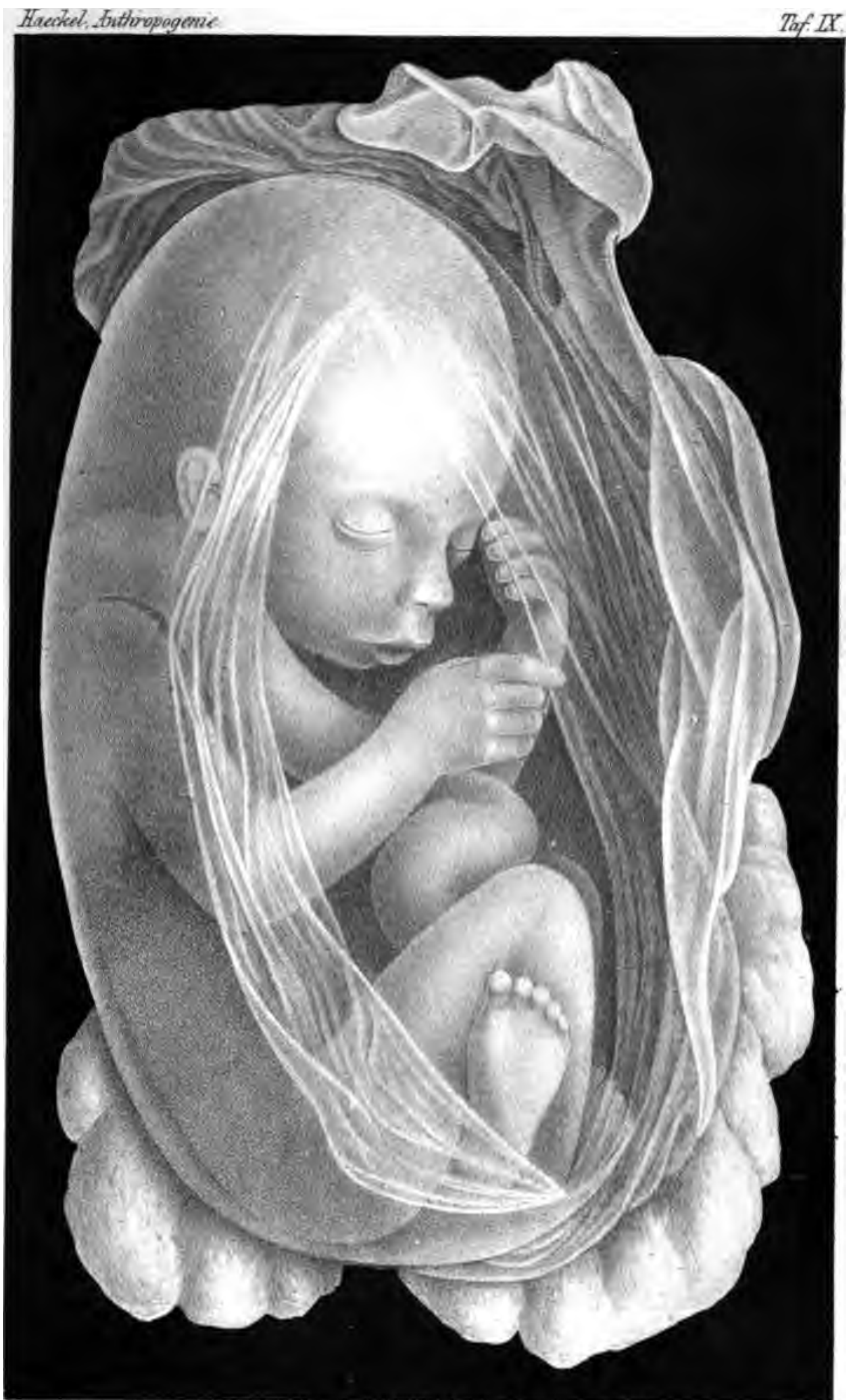
Entwickelung die Gefässbildung weiter geht, und dann überziehen die Dotter-Gefässe den ganzen Dottersack. Mit der Rückbildung des Nabelbläschens werden natürlich auch diese Gefässe rückgebildet, welche bloss in der ersten Zeit des Embryo-Lebens von Bedeutung sind.

An die Stelle dieses ersten Dottersack-Kreislaufes tritt später der zweite Blutkreislauf des Embryo, derjenige der Allantois. Es entwickeln sich nämlich mächtige Blutgefässe auf der Wand des Ur-Harnsackes oder der Allantois, ebenfalls aus dem Darmfaserblatte. Diese Gefässe werden grösser und grösser und hängen auf das engste mit den Gefässen zusammen, welche sich im Körper des Embryo selbst entwickeln. So tritt allmählich die secundäre Allantois-Circulation an die Stelle der ursprünglichen, primären Dottersack-Circulation. Nachdem die Allantois bis an die Innenwand des Chorion herangewachsen ist und sich in die Placenta verwandelt hat, vermitteln ihre Blutgefässe allein die Ernährung des Embryo. Sie heissen Nabel-Gefässe (*Vasa umbilicalia*), und sind ursprünglich doppelt: ein Paar Nabel-Arterien und ein Paar Nabel-Venen. Die beiden Nabel-Venen (*Venae umbilicales*, Fig. 123 *u*, 124 *u*), welche Blut aus der Placenta zum Herzen hinführen, münden anfänglich in die vereinigten Dotter-Venen ein. Später vergehen die letzteren und zugleich verschwindet die rechte Nabel-Vene ganz, so dass nunmehr bloss ein einziger mächtiger Venen-Stamm, die linke Umbilical-Vene, alles ernährende Blut von der Placenta in das Herz des Embryo führt. Die beiden Arterien der Allantois oder die Nabel-Arterien (*Arteriae umbilicales*, Fig. 123 *n*, 124 *n*) sind weiter Nichts als die letzten, hintersten Enden der beiden primitiven Aorten, die sich später mächtig entwickeln. Erst nach Beendigung des neunmonatlichen Embryo-Lebens, wenn der menschliche Embryo durch den Geburts-Akt als selbstständiges physiologisches Individuum in die Welt tritt, hört die Bedeutung dieses Nabelkreislaufes auf. Der Nabelstrang (Fig. 138 *as*), in welchem jene mächtigen Blutgefässe vom Embryo zur Placenta gehen, wird mit der letzteren als sogenannte »Nachgeburt« entfernt, und gleichzeitig mit der Lungen-Athmung tritt eine ganz neue, auf den Körper des Kindes allein beschränkte Form des Blutkreislaufes in Wirksamkeit [107].

Wenn wir jetzt schliesslich noch einen flüchtigen Rückblick auf die von uns verfolgte Keimesgeschichte des Menschen werfen und das Gesammtbild derselben übersichtlich zusammenzufassen versuchen, so erscheint es vortheilhaft, mehrere Hauptabschnitte oder Perioden und



Lith. Anst. v. E. Giltsch, Jena



Nach Erdl. Lith Anst. v. E. Giltsch, Jena

untergeordnete Stadien oder Stufen darin zu unterscheiden. Mit Rücksicht auf die phylogenetische Bedeutung derselben, die wir demnächst genauer kennen lernen werden, erscheint es mir am passendsten, die nachstehend charakterisirten vier Hauptabschnitte und zehn Stufen zu unterscheiden, welche den wichtigsten phylogenetischen Entwickelungs-Stufen unserer thierischen Vorfahren entsprechen (vergl. die XXV. Tabelle, am Schlusse des neunzehnten Vortrages). Sie werden sich dabei zugleich auf's Neue überzeugen, wie die Keimesgeschichte des Menschen (entsprechend dem Gesetze der abgekürzten Vererbung) in den ersten Stadien sehr rasch und zusammengedrängt verläuft, in jedem späteren Stadium aber sich immer mehr verlangsamt. Alle die merkwürdigen Erscheinungen, welche wir während des ganzen Verlaufes unserer Ontogenie in der Formwandelung des menschlichen Keimes wahrnehmen, können einzig und allein durch die Phylogenie des Menschen verstanden und nur durch Beziehung auf die historische Metamorphose unseres thierischen Stammes erklärt werden[108]).

Allerdings finden wir bei aufmerksamer Vergleichung der ontogenetischen und der phylogenetischen Perioden (in der VIII. und XXII. Tabelle) keineswegs eine vollkommene Uebereinstimmung, vielmehr mancherlei Abweichungen in den Einzelheiten. In der Keimesgeschichte erscheinen manche Organe thatsächlich früher, und andere wieder später, als man nach dem wahrscheinlichen Verlaufe der Stammesgeschichte erwarten sollte. Allein diese Verschiedenheiten erklären sich hinlänglich aus den mancherlei cenogenetischen Abänderungen, welche die Keimesgeschichte der höheren Wirbelthiere im Verlaufe sehr langer Zeiträume durch embryonale Anpassung erlitten hat. Das wird uns vollkommen klar werden, wenn wir die Keimesgeschichte des Menschen mit der palingenetischen, durch zähe Vererbung des ursprünglichen Entwickelungsganges ausgezeichneten Ontogenie des niedersten Wirbelthieres, des Amphioxus, eingehend vergleichen.

Achte Tabelle.

Uebersicht über die Abschnitte der menschlichen Keimesgeschichte.
(Vergl. die XXII. Tabelle.)

Erster Hauptabschnitt der Keimesgeschichte.
Der Mensch als einfache Plastide.

Der menschliche Embryo besitzt den Formwerth eines einfachen Individuums erster Ordnung, einer einzigen Plastide.

Erste Stufe: **Monerula-Stadium** (Fig. 36 S. 171).

Der Menschen-Keim ist eine einfache Cytode (die befruchtete Eizelle nach Verlust des Keimbläschens).

Zweite Stufe: **Cytula-Stadium** (Fig. 37, S. 171).

Der Menschen-Keim ist eine einfache Zelle (die »befruchtete Eizelle« mit neugebildetem Kerne, oder die »Stammzelle«).

Zweiter Hauptabschnitt der Keimesgeschichte.
Der Mensch als vielzelliges Urthier.

Der menschliche Embryo besteht aus vielen Zellen, die aber noch keine Organe bilden; er besitzt daher den Formwerth eines Individuums zweiter Ordnung, eines Idorgans.

Dritte Stufe: **Morula-Stadium** (Fig. 40, S. 173, Taf. II, Fig. 14).

Der Menschen-Keim bildet eine kugelige Zellenmasse, deren eine Hemisphäre aus animalen, die andere aus vegetativen Zellen besteht.

Vierte Stufe: **Blastula-Stadium** (Taf. II, Fig. 16).

Der Menschen-Keim bildet eine Blase, deren Wand aus animalen, deren Inhalt aus vegetativen Zellen besteht.

Dritter Hauptabschnitt der Keimesgeschichte.
Der Mensch als wirbelloses Darmthier.

Der menschliche Embryo besitzt den Formwerth eines Individuums dritter Ordnung, einer ungegliederten Person (eines einzigen Metameres). Die Urdarmhöhle ist von zwei primären Keimblättern umschlossen, aus denen durch Spaltung alsbald vier secundäre Keimblätter hervorgehen.

Fünfte Stufe: **Gastrula-Stadium** (Fig. 41, S. 174; Taf. II, Fig. 17).

Der Menschen-Keim bildet eine Amphigastrula, die allein aus den beiden primären Keimblättern besteht, Hautblatt und Darmblatt. Die Höhle des Urdarms ist von Entoderm-Zellen erfüllt, die auch den Urmund verstopfen.

Sechste Stufe: **Chordonium-Stadium** (Fig. 90, S. 243).

Der Menschen-Keim besitzt im Wesentlichen die Organisation eines Wurmes, als dessen nächste heute lebende Verwandte die Ascidien-Larve erscheint. Aus den beiden primären Keimblättern sind vier secundäre Keimblätter entstanden, in der Mittellinie verwachsen.

Vierter Hauptabschnitt der Keimesgeschichte.

Der Mensch als wahres Wirbelthier.

Der menschliche Embryo besitzt den Formwerth einer gegliederten Person oder einer Metameren-Kette. Die Gliederung oder Metameren-Bildung betrifft vorzugsweise das Skelet-System (Urwirbel) und Muskel-System. Das Hautsinnesblatt ist in Hornplatte, Markrohr und Urnieren geschieden. Das Hautfaserblatt ist in Lederplatte, Urwirbel (Muskelplatte und Skeletplatte) und Chorda zerfallen. Aus dem Darmfaserblatte entsteht das Herz mit den Hauptblutgefässen und die fleischige Darmwand. Aus dem Darmdrüsenblatte ist das Epithelium des Darmrohres gebildet.

Siebente Stufe: **Acranier-Stadium** (Fig. 103, 107; S. 275, 276).

Der Menschen-Keim besitzt im Wesentlichen die Organisation eines schädellosen Wirbelthieres, ähnlich dem entwickelten Amphioxus. Der Körper bildet bereits eine Metameren-Kette, da mehrere Urwirbel sich gesondert haben. Der Kopf ist aber noch nicht deutlich vom Rumpfe gesondert. Das Markrohr ist noch nicht in Hirnblasen zerfallen. Der Schädel fehlt noch: ebenso Herz, Kiefer und Gliedmaassen.

Achte Stufe: **Cyclostomen-Stadium** (Fig. 132, S. 303; Taf. VII, Fig. M I).

Der Menschen-Keim besitzt im Wesentlichen die Organisation eines kieferlosen Schädelthieres (ähnlich den entwickelten Myxinoiden und Petromyzonten). Die Zahl der Metameren nimmt zu. Der Kopf sondert sich deutlicher vom Rumpfe. Das vordere Ende des Markrohres schwillt blasenförmig an und bildet die Gehirn-Anlage, welche sich bald in fünf hinter einander liegende Hirnblasen sondert. Seitlich davon erscheinen die Anlagen der drei höheren Sinnesorgane: Geruchsgruben, Augenbläschen und Gehörbläschen. Mit dem ersten Blutkreislauf beginnt das Herz seine Thätigkeit. Kiefer und Gliedmaassen fehlen noch.

Neunte Stufe: **Ichthyoden-Stadium** (Fig. 134 S. 304; Taf. VII Fig. M II).

Der Menschen-Keim besitzt im Wesentlichen die Organisation eines Fisches oder eines fischartigen Schädelthieres. Die beiden Gliedmaassen-Paare erscheinen in einfachster Form, als flossenartige Knospen: ein Paar Vorderbeine (Brustflossen) und ein Paar Hinterbeine (Bauchflossen). Die Kiemenspalten öffnen sich vollständig und zwischen ihnen bilden sich die Kiemenbogen aus; das erste Kiemenbogen-Paar sondert sich in die Anlage des Oberkiefers und Unterkiefers. Aus dem Darmcanal wachsen Lunge (Schwimmblase), Leber und Pancreas hervor.

Zehnte Stufe: **Amnioten-Stadium** (Taf. VII. Fig. M III; Taf. VIII).

Der Menschen-Keim besitzt im Wesentlichen die Organisation eines Amnioten eines höheren, kiemenlosen Wirbelthieres. Die Kiemenspalten verschwinden durch Verwachsung. Aus den Kiemenbogen entwickeln sich die Kiefer, das Zungenbein und die Gehörknöchelchen. Die Allantois bildet sich vollständig aus und verwandelt sich im peripherischen Theile in die Placenta. Alle Organe des Körpers erlangen allmählich die den Säugethieren zukommende und zuletzt die specifisch menschliche Bildung. Vergl. hierüber die nachfolgende Phylogenie[109].



Erklärung von Tafel VIII und IX.

(Beide Tafeln sind nach Erdl (Entwickelung des Menschen) copirt.)[110]

Taf. VIII, Fig. 1. Ein menschlicher Embryo von neun Wochen, aus den Eihüllen herausgenommen, dreimal vergrössert. (Erdl, Taf. XII. Fig. 1—5.) Der Schädel ist noch ganz durchsichtig, so dass die einzelnen Abtheilungen des Gehirns hindurchschimmern; das grosse Mittelhirn (Vierhügel) ist von dem wenig grösseren Vorderhirn (Grosshirn) durch eine seichte Furche, hingegen von dem kleineren Hinterhirn (Kleinhirn, durch einen tiefen Einschnitt getrennt. Die Stirn ist sehr stark nach vorn gewölbt, die Nase noch sehr unentwickelt, das Auge noch unverhältnissmässig gross und weit offen. Die Oberlippe ist noch sehr kurz und dick aufgewulstet; die Unterlippe sehr dünn; das Kinn ist niedrig und tritt sehr zurück. Ueberhaupt ist das Gesicht im Verhältniss zum Hirnschädel noch sehr klein. Die Ohrmuschel ist auch sehr klein, dagegen die äussere Gehöröffnung sehr gross. Der Hals ist noch sehr kurz, der Rumpf nur um ein Drittel länger als der Kopf, gleichförmig dick und gegen den Schwanz in eine stumpfe Spitze auslaufend. Die beiden Gliedmaassen-Paare sind bereits vollständig gegliedert. Die Vorderbeine (Arme) sind etwas kürzer als die Hinterbeine. Oberarm und Unterarm sind im Verhältniss zur Hand sehr kurz, ebenso Oberschenkel und Unterschenkel im Verhältniss zum Fuss. Die Finger an der Hand sind nur noch unvollständig, dagegen die Zehen am Fusse noch vollständig bis zur Spitze durch eine Schwimmhaut verbunden, flossenartig.

Taf. VIII, Fig. 2. Ein menschlicher Embryo von 12 Wochen, innerhalb der Eihüllen, in natürlicher Grösse (Erdl, Taf. XI, Fig. 2). Der Embryo ist vollständig in dem mit Fruchtwasser gefüllten Amnionsack eingeschlossen, wie in einem Wasserbade. Der Nabelstrang, welcher vom Nabel des Embryo zum Chorion hingeht, ist scheidenartig von einer Fortsetzung des Amnion überzogen, welches an seiner Anheftungsstelle Falten schlägt. Oben bilden die dicht zusammengedrängten und verästelten Chorion-Zotten den Gefässkuchen oder die Placenta. Der untere Theil des Chorion (aufgeschnitten und in viele zarte Falten gelegt) ist glatt und zottenlos. Unter demselben hängt noch in gröberen Falten die ebenfalls aufgeschnittene und ausgebreitete »Decidua des Uterus« oder die »hinfällige Haut des Fruchtbehälters« herab. Kopf und Gliedmaassen sind bedeutend weiter entwickelt, als in Fig. 1.

Taf. IX. Ein menschlicher Embryo von fünf Monaten, in natürlicher Grösse (Erdl, Taf. XIV). Der Embryo ist von dem zarten durchsichtigen Amnion umschlossen, welches vorn durch einen Schnitt geöffnet ist, so dass Gesicht und Gliedmaassen aus der Schnittöffnung frei hervorschauen. Der Rücken ist gekrümmt, die Gliedmaassen angezogen, so dass der Embryo in der Eihöhle möglichst wenig Raum einnimmt. Die Augenlider sind geschlossen. Vom Nabel aus geht der dicke Nabelstrang, schlangenförmig gewunden, über die rechte Schulter auf den Rücken und von dort zur schwammigen Placenta (rechts unten). Die äussere, dünne, vielfach in Falten gelegte Hülle ist die äussere Eihaut oder das Chorion.[110]

Dreizehnter Vortrag.

Der Körperbau des Amphioxus und der Ascidie.

»Die Urgeschichte der Art wird in ihrer Entwickelungsgeschichte um so vollständiger erhalten sein, je länger die Reihe der Jugendzustände ist, die sie gleichmässigen Schrittes durchläuft, und um so treuer, je weniger sich die Lebensweise der Jungen von der der Alten entfernt, und je weniger die Eigenthümlichkeiten der einzelnen Jugendzustände als aus späteren in frühere Lebensabschnitte zurückverlegt, oder als selbstständig erworben sich auffassen lassen.«

FRITZ MÜLLER (1864).



Inhalt des dreizehnten Vortrages.

Die causale Bedeutung des biogenetischen Grundgesetzes. Einfluss der abgekürzten und der gefälschten Vererbung. Abänderung der Palingenesis durch die Cenogenesis. Methode der Phylogenie nach dem Muster der Geologie. Ideale Ergänzung der zusammenhängenden Entwickelungsreihe durch Zusammenstellung realer Bruchstücke. Sicherheit und Berechtigung der phylogenetischen Hypothesen. Bedeutung des Amphioxus und der Ascidie. Naturgeschichte und Anatomie des Amphioxus. Aeussere Körperform. Hautbedeckung. Oberhaut und Lederhaut. Axenstab oder Chorda. Markrohr. Sinnesorgane. Darm mit vorderem Athmungstheil Kiemendarm und hinterem Verdauungstheil Magendarm. Leber. Pulsirende Blutgefässe. Rückengefäss über dem Darme Kiemenvene und Aorta. Bauchgefäss unter dem Darme Darmvene und Kiemenarterie. Blutbewegung. Lymphgefässe. Bauchcanäle und Seitencanäle. Leibeshöhle und Kiemenhöhle. Kiemendeckel. Nieren. Geschlechtsorgane. Hoden und Eierstöcke. Wirbelthier-Natur des Amphioxus. Vergleichung des Amphioxus mit den jugendlichen Lampreten oder Petromyzonten. Vergleichung des Amphioxus mit der Ascidie. Cellulose-Mantel. Kiemensack. Darm. Nervenknoten. Herz. Geschlechtsorgane.

XIII.

Meine Herren!

Indem wir uns jetzt von der Keimesgeschichte des Menschen zur Stammesgeschichte desselben wenden, müssen wir beständig den unmittelbaren ursächlichen Zusammenhang im Auge behalten, welcher zwischen diesen beiden Hauptzweigen der menschlichen Entwickelungsgeschichte besteht. Dieser bedeutungsvolle Causal-Nexus fand seinen einfachsten Ausdruck in dem »Grundgesetze der organischen Entwickelung«, dessen Inhalt und Bedeutung wir schon im ersten Vortrage ausführlich erörtert haben. Nach jenem biogenetischen Grundgesetze ist die Ontogenie eine kurze und gedrängte Recapitulation der Phylogenie. Wenn diese Wiederholung oder der Auszug der Stammesgeschichte durch die Keimesgeschichte überall vollständig wäre, so würde es eine sehr einfache Aufgabe sein, die ganze Phylogenie auf Grundlage der Ontogenie herzustellen. Wenn man wissen wollte, von welchen Vorfahren jeder höhere Organismus, also auch der Mensch, abstamme, und aus welchen Formen sich sein Geschlecht als Ganzes entwickelt habe, so brauchte man bloss einfach die Formenkette der individuellen Entwickelung vom Ei an genau zu verfolgen: man würde dann jeden hier vorkommenden Formzustand ohne Weiteres als Repräsentanten einer ausgestorbenen alten Ahnenform betrachten können. Nun ist aber diese unmittelbare Uebertragung der ontogenetischen Thatsachen auf phylogenetische Vorstellungen nur bei einem verhältnissmässig kleinen Theile von Thieren direct gestattet. Es giebt allerdings auch jetzt noch eine Anzahl von niederen wirbellosen Thieren (z. B. Pflanzenthiere, Würmer, Krebse), bei denen wir jede Keimform ohne Weiteres als die historische Wiederholung oder das porträtähnliche Schattenbild einer ausgestorbenen Stammform zu deuten berechtigt sind. Aber bei der grossen Mehrzahl der Thiere und auch beim Menschen ist das deshalb nicht möglich, weil durch die unendlich verschiedenen Existenzbedingungen die

Keimformen selbst wieder abgeändert worden sind und ihre ursprüngliche Beschaffenheit theilweise eingebüsst haben.

Während der unermesslichen Dauer der organischen Erdgeschichte, während der vielen Millionen Jahre, in denen sich das organische Leben auf unserem Planeten entwickelte, haben bei den meisten Thieren secundäre Veränderungen der Keimungsweise stattgefunden, welche zuerst FRITZ MÜLLER-DESTERRO klar erkannt und in seiner geistvollen Schrift »Für Darwin« in folgendem Satze ausgesprochen hat: »Die in der Entwickelungsgeschichte des Individuums erhaltene geschichtliche Urkunde wird allmählich verwischt, indem die Entwickelung einen immer geraderen Weg vom Ei zum fertigen Thiere einschlägt, und sie wird häufig gefälscht durch den Kampf um's Dasein, den die frei lebenden Larven zu bestehen haben.« Die erste Erscheinung, die Verwischung des ontogenetischen Auszuges ist durch das Gesetz der vereinfachten oder abgekürzten Vererbung bewirkt. Die zweite Erscheinung, die Fälschung des ontogenetischen Auszuges, ist durch das Gesetz der abgeänderten oder gefälschten Vererbung bedingt. Nach diesem letzteren Gesetze können die Jugendformen der Thiere nicht bloss die freilebenden Larven, sondern auch die im Mutterleibe eingeschlossenen Embryonen[1] durch die Einflüsse der nächsten Umgebung ebenso umgebildet werden, wie die ausgebildeten Thiere durch die Anpassung an die äusseren Existenzbedingungen: die Arten werden selbst während der Keimung abgeändert. Nach dem Gesetze der abgekürzten Vererbung aber ist es für alle höheren Organismen und zwar um so mehr, je höher sie entwickelt sind von Vortheil, den ursprünglichen Entwickelungsgang abzukürzen, zu vereinfachen und dadurch die Erinnerung an die Vorfahren zu verwischen. Je höher der einzelne Organismus im Thierreiche steht, desto weniger vollständig wiederholt er während seiner Ontogenese die ganze Reihe der Vorfahren, aus Gründen, die zum Theil bekannt, zum Theil noch verborgen sind. Die Thatsache ergiebt sich einfach aus der Vergleichung der verschiedenen individuellen Entwickelungsgeschichten höherer und niederer Thiere in jedem Stamme.[111]

In richtiger Würdigung dieses bedeutungsvollen Verhältnisses haben wir die ontogenetischen Phänomene oder die Erscheinungen der individuellen Entwickelung allgemein in zwei verschiedene Gruppen vertheilt, in palingenetische und cenogenetische Phänomene. Zur Palingenesis oder »Auszugsentwickelung« rechneten wir jene Thatsachen der Keimesgeschichte, welche wir unmittelbar als einen

getreuen Auszug der entsprechenden Stammesgeschichte betrachten konnten. Hingegen bezeichneten wir als Cenogenesis oder »Fälschungsentwickelung« jene ontogenetischen Processe, welche wir nicht direct auf entsprechende phylogenetische Vorgänge beziehen konnten, sondern im Gegentheil als Abänderungen oder Fälschungen der letzteren beurtheilen mussten. Durch diese kritische Sonderung der palingenetischen und der cenogenetischen Keimungs-Erscheinungen erhielt unser biogenetisches Grundgesetz die folgende schärfere Fassung: die schnelle und kurze Keimesgeschichte (Ontogenie) ist ein gedrängter Auszug der langsamen und langen Stammesgeschichte (Phylogenie); dieser Auszug ist um so getreuer und vollständiger, je mehr durch Vererbung die Auszugsentwickelung (Palingenesis) erhalten ist, und je weniger durch Anpassung die Fälschungsentwickelung (Cenogenesis) eingeführt ist. [10]

Um nun in der Keimesgeschichte die palingenetischen und cenogenetischen Erscheinungen naturgemäss zu unterscheiden und daraus richtige Schlüsse auf die Stammesgeschichte zu ziehen, müssen wir die erstere vor Allem vergleichend betreiben. Nur durch vergleichende Ontogenie der verwandten Formen können wir die Spuren ihrer Phylogenie entdecken. Dabei werden wir mit grösstem Vortheil diejenige Methode anwenden, welche schon seit langer Zeit die Geologen benutzen, um die Reihenfolge der sedimentären Gesteine unserer Erdrinde festzustellen. Sie wissen, dass die feste Rinde unseres Erdballs, welche als dünne Schale die gluthflüssige innere Hauptmasse desselben umschliesst, aus zweierlei verschiedenen Hauptklassen von Gesteinen zusammengesetzt ist: erstens aus den sogenannten plutonischen oder vulcanischen Felsmassen, welche unmittelbar durch Erstarrung der geschmolzenen inneren Erdmasse an der Oberfläche entstanden sind; und zweitens aus den sogenannten neptunischen oder sedimentären Gesteinen, welche durch die umbildende Thätigkeit des Wassers aus den ersteren entstanden, und schichtenweise über einander auf dem Boden der Gewässer abgesetzt sind. Zuerst bildete jede dieser neptunischen Schichten ein weiches Schlammlager; im Laufe der Jahrtausende aber verdichtete sich dasselbe zu fester, harter Felsmasse (Sandstein, Mergel, Kalkstein u. s. w.), und schloss zugleich bleibend die festen und unverweslichen Körper ein, welche zufällig in den weichen Schlamm hinein gerathen waren. Zu diesen Körpern, die auf solche Weise entweder selbst »versteinert« wurden oder charakteristische Abdrücke ihrer Körperform im weichen Schlamm hinterliessen, gehören vor allen die festeren Theile der Thiere und

Pflanzen, die während der Ablagerung jener Schlammschicht daselbst lebten und starben.

Jede neptunische Gesteinsschicht enthält demnach ihre charakteristischen Versteinerungen, die Reste von Thieren und Pflanzen, welche während jener bestimmten Periode der Erdgeschichte gelebt haben. Indem man nun diese Schichten vergleichend zusammenstellt, ist man im Stande, die ganze Reihe der Erdperioden im Zusammenhange zu übersehen. Alle Geologen sind jetzt darüber einig, dass eine solche bestimmte historische Reihenfolge von Gebirgsformationen nachzuweisen ist, und dass die untersten dieser Schichten in uralten, die obersten derselben in den jüngsten Zeiten abgelagert worden sind. Aber an keiner Stelle der Erde findet sich die ganze Reihenfolge der Schichtensysteme vollständig über einander: an keiner Stelle ist dieselbe auch nur annährend vollständig beisammen. Vielmehr ist die Reihenfolge der verschiedenen Erdschichten und der ihnen entsprechenden Zeiträume der Erdgeschichte, wie sie allgemein von den Geologen angenommen wird, nur eine ideale, in der Wirklichkeit nicht vorhandene Construction, entstanden durch Zusammenstellung der einzelnen Erfahrungen, welche an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche über die Aufeinanderfolge der Schichten gemacht worden sind (Vergl. den XV. Vortrag).

Genau ebenso werden wir jetzt bei der Phylogenie des Menschen verfahren. Wir werden versuchen, aus verschiedenen phylogenetischen Bruchstücken, die sich bei sehr verschiedenen Gruppen des Thierreichs vorfinden, ein ungefähres Gesammtbild von der Ahnen-Reihe des Menschen zusammenzusetzen. Sie werden sehen, dass wir wirklich im Stande sind, durch die richtige Zusammenstellung und Vergleichung der Keimesgeschichte von sehr verschiedenen Thieren uns ein annähernd vollständiges Bild von der paläontologischen Entwickelungsgeschichte der Vorfahren des Menschen und der Säugethiere zu verschaffen: ein Bild, welches wir aus der Ontogenie der Säugethiere allein niemals hätten erschliessen können. In Folge der erwähnten cenogenetischen Processe, der gefälschten und der abgekürzten Vererbung, sind in der individuellen Entwickelungsgeschichte des Menschen und der übrigen Säugethiere ganze Entwickelungsreihen niederer Stufen, besonders aus den frühesten Perioden, ausgefallen oder durch Abänderungen gefälscht. Aber bei niederen Wirbelthieren und bei deren wirbellosen Vorfahren treffen wir gerade jene niederen Formstufen in ihrer ursprünglichen Reinheit vollständig an. Insbesondere haben sich bei dem allerniedrigsten Wirbelthiere, beim

Amphioxus, gerade die ältesten Stammformen noch vollständig in der Keimesentwickelung conservirt. Weiterhin finden sich wichtige Anhaltspunkte bei den Fischen vor, welche zwischen den niederen und höheren Wirbelthieren in der Mitte stehen und uns wieder den Verlauf der Phylogenesis einige Perioden weiter aufklären. Endlich kommen die höchsten Wirbelthiere, bei denen die mittleren und älteren Entwickelungsstadien der Vorfahren entweder gefälscht oder abgekürzt sind, wo wir aber die neueren Stadien des phylogenetischen Processes in der Ontogenesis noch heute wohl conservirt finden. Wir sind also im Stande, indem wir die individuellen Entwickelungsgeschichten der verschiedenen Wirbelthier-Gruppen zusammenstellen und vergleichen, uns ein annähernd vollständiges Bild von der paläontologischen Entwickelungsgeschichte der Vorfahren des Menschen innerhalb des Wirbelthierstammes zu verschaffen. Wenn wir aber von den niedersten Wirbelthieren noch tiefer hinabsteigen und deren Keimesgeschichte mit derjenigen der stammverwandten wirbellosen Thiere vergleichen, können wir den Stammbaum unserer thierischen Ahnen noch viel weiter, bis zu den niedersten Pflanzenthieren und Urthieren hinab, verfolgen.

Indem wir nun jetzt den dunkeln Pfad dieses phylogenetischen Labyrinthes betreten, festhaltend an dem Ariadne-Faden des biogenetischen Grundgesetzes und geleitet von der Leuchte der vergleichenden Anatomie, werden wir zunächst nach der eben erörterten Methode aus den mannichfaltigen Keimesgeschichten sehr verschiedener Thiere diejenigen Fragmente herausfinden und ordnen müssen, aus denen sich die Stammesgeschichte des Menschen zusammensetzen lässt. Dabei möchte ich Sie noch besonders darauf aufmerksam machen, dass wir uns dieser Methode hier ganz mit derselben Sicherheit und mit demselben Rechte bedienen, wie in der Geologie. Kein Geologe hat mit Augen gesehen, dass die ungeheuren Gebirgsmassen, welche unsere Steinkohlen-Formation, unser Salzgebirge, den Jura, die Kreide u. s. w. zusammensetzen, wirklich aus dem Wasser abgesetzt worden sind. Dennoch zweifelt kein Einziger daran. Auch hat kein Geologe wirklich beobachtet, dass diese verschiedenen neptunischen Gebirgs-Formationen in einer bestimmten Reihenfolge nach einander entstanden sind, und dennoch sind Alle einstimmig von dieser Reihenfolge überzeugt. Das rührt daher, dass eben nur durch die hypothetische Annahme jener neptunischen Schichtenbildung und dieser Reihenfolge sich überhaupt die Natur und die Entstehung aller jener Gebirgsmassen begreifen lässt. Weil dieselbe allein durch die

angeführten geologischen Hypothesen sich begreifen und erklären lässt, deshalb gelten diese Hypothesen allgemein als sichere »geologische Theorien«.

Ganz denselben Werth können aber aus denselben Gründen unsere phylogenetischen Hypothesen beanspruchen. Indem wir diese aufstellen, verfahren wir nach denselben inductiven und deductiven Methoden und mit derselben annähernden Sicherheit, wie die Geologen. Weil wir allein mit Hülfe dieser phylogenetischen Hypothesen die Natur und Entstehung des Menschen und der übrigen Organismen begreifen, weil wir durch sie allein das Causalitäts-Bedürfniss unserer Vernunft befriedigen können, deshalb halten wir sie für richtig, deshalb beanspruchen wir für sie den Werth von »biologischen Theorien«. Und wie jetzt die geologischen Hypothesen allgemein angenommen sind, die noch im Anfange unseres Jahrhunderts als speculative Luftschlösser verlacht wurden, so werden noch vor Ende dieses Jahrhunderts unsere phylogenetischen Hypothesen zur Geltung kommen, welche jetzt die bornirte Mehrzahl der Naturforscher als »naturphilosophische Träumereien« verspottet. Freilich werden Sie bald sehen, dass unsere Aufgabe nicht so einfach ist, wie jene der Geologen. Sie ist in demselben Maasse schwieriger und verwickelter, in welchem sich die Organisation des Menschen über die Structur der Gebirgsmassen erhebt. [112]

Treten wir nun an diese Aufgabe näher heran, so gewinnen wir ein ausserordentlich wichtiges Hülfsmittel zunächst durch die vergleichende Keimesgeschichte von zwei niederen Thierformen. Das eine dieser Thiere ist das Lanzetthierchen (*Amphioxus*), das andere ist die Seescheide (*Ascidia*) Taf. X und XI. Beide Thiere sind höchst bedeutsam. Beide stehen an der Grenze zwischen den beiden Hauptabtheilungen des Thierreiches, die man seit LAMARCK (1801) als Wirbelthiere und wirbellose Thiere unterscheidet. Die Wirbelthiere umfassen die früher schon aufgeführten Klassen vom Amphioxus bis zum Menschen hinauf (Schädellose, Lampreten, Fische, Dipneusten, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugethiere). Alle übrigen Thiere fasste man diesen gegenüber nach dem Vorgange LAMARCK's früher als »Wirbellose« zusammen. Wie wir aber gelegentlich bereits früher erwähnt, sind die wirbellosen Thiere wieder aus einer Anzahl ganz verschiedener Stämme zusammengesetzt. Von diesen interessiren uns die Sternthiere, die Weichthiere, die Gliederthiere hier gar nicht, weil sie selbstständige Hauptzweige des thierischen Stammbaumes sind, die mit den Wirbelthieren gar Nichts zu schaffen haben.

Hingegen ist die Abtheilung der Würmer für uns von hohem Interesse. In der Gruppe der Würmer findet sich nämlich eine erst neuerdings genauer untersuchte und sehr interessante Thierklasse, welche für den Stammbaum der Wirbelthiere die grösste Bedeutung besitzt. Das ist die Klasse der Mantelthiere oder Tunicaten. Ein Mitglied dieser Klasse, die Seescheide oder Ascidie, schliesst sich in ihrem wesentlichen inneren Bau und in ihrer Keimungsweise aufs engste an das niederste Wirbelthier, den Amphioxus oder das Lanzetthierchen an. Man hatte bis vor wenigen Jahren keine Vorstellung von dem engen Zusammenhange dieser beiden, scheinbar sehr verschiedenen Thierformen, und es war ein sehr glücklicher Zufall, dass gerade jetzt, wo die Frage der Abstammung der Wirbelthiere von den wirbellosen Thieren in den Vordergrund trat, die Keimesgeschichte dieser beiden nächst verwandten Thiere entdeckt wurde. Um dieselbe richtig zu verstehen, müssen wir uns zunächst die beiden merkwürdigen Thiere im ausgebildeten Zustande ansehen und ihre Anatomie vergleichen.

Wir beginnen mit dem Lanzetthierchen oder Amphioxus, welches nächst dem Menschen das wichtigste und interessanteste aller Wirbelthiere ist. (Vergl. Fig. 151 und Taf. XI, Fig. 15.) Der Amphioxus wurde zuerst im Jahre 1778 von dem deutschen Naturforscher PALLAS beschrieben. Er erhielt dieses kleine Thierchen aus der Nordsee von England zugeschickt, glaubte darin eine nahe Verwandte unserer gewöhnlichen nackten Wegschnecke (*Limax*) zu erkennen und nannte es daher *Limax lanceolatus*. Ueber ein halbes Jahrhundert hindurch kümmerte sich Niemand weiter um diese angebliche Nacktschnecke. Erst im Jahre 1834 wurde das unscheinbare Thierchen im Sande des Posilippo bei Neapel lebend beobachtet, und zwar von dem dortigen Zoologen COSTA. Dieser behauptete, dass dasselbe keine Schnecke, sondern ein Fischchen sei, und nannte es *Branchiostoma lubricum*. Fast gleichzeitig wies ein englischer Naturforscher, YARRELL, ein inneres Axen-Skelet in demselben nach und gab ihm den Namen *Amphioxus lanceolatus*. Am genauesten untersuchte es dann 1839 der berühmte Berliner Zoologe JOHANNES MÜLLER, dem wir eine sehr gründliche und ausführliche Abhandlung über seine Anatomie verdanken.[113] In neuester Zeit ist durch mehrfache Untersuchungsreihen unsere Kenntniss wesentlich ergänzt und namentlich auch der feinere Bau näher bekannt geworden.[114]

Der Amphioxus lebt an flachen sandigen Stellen der Meeresküste, theilweis im Sande vergraben, und ist, wie es scheint, sehr verbreitet

in verschiedenen Meeren. Er ist gefunden in der Nordsee (an den grossbritannischen und scandinavischen Küsten, sowie bei Helgoland): im Mittelmeer an verschiedenen Stellen (z. B. bei Nizza, Neapel und Messina). Er kommt ferner an der brasilianischen Küste vor und ebenso an entfernten Gestaden des pacifischen Oceans (Küsten von Peru, Borneo, China u. s. w.). Ueberall zeigt sich das kleine merkwürdige Wesen in derselben einfachen Form.[58])

JOHANNES MÜLLER stellte das Lanzetthierchen im System zu den Fischen, obwohl er hervorhob, dass die Unterschiede dieses niedersten Wirbelthierchens von den niedersten Fischen viel bedeutender sind, als die Unterschiede aller Fische von den Amphibien. Damit wird aber die richtige Werthschätzung des bedeutungsvollen Thierchens noch lange nicht ausgedrückt. Vielmehr können wir mit voller Sicherheit den wichtigen Satz aufstellen: Der Amphioxus ist von den Fischen viel verschiedener als die Fische vom Menschen und von allen übrigen Wirbelthieren. Er ist in der That seiner ganzen Organisation nach so sehr von allen anderen Vertebraten verschieden, dass wir nach den Gesetzen der systematischen Logik zunächst zwei Haupt-Abtheilungen in diesem Stamme unterscheiden müssen: I. Schädellose oder *Acrania* (Amphioxus und seine ausgestorbenen Verwandten) und II. Schädelthiere oder *Craniota* (der Mensch und alle übrigen Wirbelthiere).[115]

Die erste, niedere Abtheilung bilden die Wirbelthiere ohne Kopf, ohne Gehirn und Schädel, welche wir eben deshalb Schädellose oder Acranier nennen. Hiervon lebt heutzutage nur noch der Amphioxus, während in früheren Zeiten der Erdgeschichte sehr zahlreiche und verschiedenartige Formen dieser Abtheilung existirt haben müssen. Wir dürfen hier ein allgemeines Gesetz aussprechen, welches jeder Anhänger der Entwickelungs-Theorie zugeben muss: Solche ganz eigenthümliche und isolirte Thierformen, wie der Amphioxus, welche scheinbar im System der Thiere vereinzelt dastehen, sind immer die letzten Mohikaner, die letzten überlebenden Reste einer ausgestorbenen Thiergruppe, von welcher in früheren Zeiten der Erdgeschichte zahlreiche und mannichfaltige Formen existirten. Da der Amphioxus ganz weich ist, da er keine festen Körpertheile, keine versteinerungsfähigen Organe besitzt, so dürfen wir annehmen, dass auch alle seine zahlreichen ausgestorbenen Verwandten eben so weich waren und daher keine fossilen Abdrücke oder Versteinerungen hinterlassen konnten.

Diesen Schädellosen oder Acraniern gegenüber steht die zweite

Hauptabtheilung der Vertebraten, welche alle übrigen Wirbelthiere von den Fischen bis zum Menschen hinauf umfasst. Alle diese Wirbelthiere haben einen Kopf, der deutlich vom Rumpfe geschieden ist und einen Schädel mit Gehirn enthält; alle haben ein centralisirtes Herz, ausgebildete Nieren u. s. w. Wir nennen sie Schädelthiere oder Cranioten. Aber auch diese Schädelthiere sind in der ersten Jugend schädellos. Wie Sie bereits aus der Ontogenesis des Menschen wissen, durchläuft auch jedes Säugethier in frühen Zeiten der individuellen Entwickelung einen Formenzustand, in welchem dasselbe noch keinen Kopf, keinen Schädel, kein Gehirn, sondern die bekannte, ganz einfache Gestalt einer leierförmigen Scheibe oder einer Schuhsohle besitzt, an welcher die Extremitäten oder Gliedmaassen noch gar nicht vorhanden sind. Wenn wir diesen frühen embryonalen Formzustand mit dem entwickelten Lanzetthierchen vergleichen, so können wir sagen: der Amphioxus ist in gewissem Sinne ein persistenter Embryo, eine bleibende Keimform der Schädelthiere; er erhebt sich nie über einen gewissen niederen, von uns längst überwundenen, frühen Jugendzustand.

Das vollkommen ausgebildete Lanzetthierchen (Fig. 151) wird 5—6 Centimeter (über zwei Zoll) lang, ist farblos oder schwach röthlich gefärbt, und hat die Gestalt eines schmalen lanzetförmigen Blattes. Der Körper ist vorn und hinten zugespitzt, von beiden Seiten her aber stark zusammengedrückt. Von Gliedmaassen ist keine Spur vorhanden. Die äussere Hautdecke ist sehr zart und dünn, nackt, durchscheinend und besteht aus zwei verschiedenen Schichten: aus einer einfachen äussersten Zellenschicht, der Oberhaut (Taf. X, Fig. 13*h*) und einer faserigen, darunter gelegenen Lederhaut (Fig. 13*l*). Ueber die Mittellinie des Rückens zieht ein schmaler Flossensaum, welcher sich hinten in eine ovale Schwanzflosse verbreitert und unten in eine kurze Afterflosse fortsetzt. Der Flossensaum wird durch zahlreiche viereckige elastische Flossenplättchen gestützt (Taf. XI, Fig. 15*f*). Die feinen parallelen Linien unter der Haut, welche in der Mittellinie jeder Seite einen nach vorn gerichteten spitzen Winkel bilden, sind die Grenzlinien der zahlreichen Rückenmuskeln (Fig. 15*r* und *b*).

Mitten im Körper finden wir einen dünnen knorpelartigen Strang, der als gerader Cylinder durch die Längsaxe des ganzen Körpers von vorn nach hinten durchgeht und nach beiden Enden hin sich gleichmässig zuspitzt (Fig. 151 *i*). Das ist der Axenstab oder die Chorda dorsalis, welche hier ganz allein das Rückgrat oder die Wirbelsäule vertritt. Beim Amphioxus entwickelt sich die Chorda

nicht weiter, sondern bleibt zeitlebens in diesem einfachsten ursprünglichen Zustande bestehen. Sie ist umschlossen von einer häutigen festen Hülle, der Chorda-Scheide. Das Verhalten dieser letzteren und der von ihr ausgehenden Bildungen lässt sich am besten auf dem Querschnitte des Amphioxus übersehen (Fig. 152; Taf. X, Fig. 13 *cs*). Die Chorda-Scheide bildet unmittelbar über der Chorda ein cylindrisches Rohr, und in diesem Rohre eingeschlossen liegt das Central-Nervensystem, das Markrohr oder Medullarrohr (Taf. XI, Fig. 15 *m*). Dieses wichtige Seelen-Organ bleibt hier ebenfalls zeitlebens in der allereinfachsten Gestalt bestehen, als ein cylindrisches Rohr, das vorn und hinten fast gleichmässig einfach endet und dessen dicke Wand einen engen Canal umschliesst. Allerdings ist das vordere Ende etwas mehr abgerundet und enthält eine kleine, kaum merkliche blasenförmige Anschwellung des Canals (Fig. 15 m_1). Diese kann man als erste Andeutung einer eigentlichen Hirnblase auffassen, als ein Rudiment des Gehirns. Am vordersten Ende desselben findet sich ein kleiner schwarzer Pigmentfleck, das Rudiment eines Auges. In der Nähe dieses Augenfleckes befindet sich auf der linken Seite eine kleine flimmernde Grube, das unpaare Geruchsorgan. Ein Gehörorgan fehlt vollständig. Diese mangelhafte Entwickelung der höheren Sinnesorgane ist wahrscheinlich zum grossen Theile nicht als ursprüngliche, sondern als Rückbildung zu deuten.

Unterhalb des Axenstabes oder der Chorda dorsalis verläuft ein sehr einfacher Darmcanal, ein Rohr, welches an der Bauchseite des Thierchens vorn durch eine Mundöffnung und hinten durch eine Afteröffnung ausmündet. Die ovale Mundöffnung ist von einem Knorpelringe umgeben, an welchem 20—30 Knorpelfäden (Tastorgane) ansitzen (Fig. 151 *a*). Durch eine mittlere Einschnürung zerfällt der Darmcanal in zwei ganz verschiedene Abschnitte von fast gleicher Länge. Der vordere Abschnitt dient zur Athmung, der hintere zur Verdauung. Die vordere Hälfte bildet einen weiten Kiemenkorb, dessen Wand gitterförmig, von zahlreichen Kiemenspalten durchbrochen ist (Fig. 151 *d*; Taf. XI, Fig. 15 *k*). Die feinen Balken des Kiemenkorbes zwischen den Spalten werden durch feste parallele Stäbchen gestützt, die paarweise durch Querstäbchen verbunden sind. Das Wasser, welches der Amphioxus durch die Mundöffnung aufnimmt, gelangt durch diese Spalten des Kiemenkorbes in die ihn umgebende grosse Kiemenhöhle und tritt dann weiter hinten durch ein Loch derselben, durch das Athemloch oder Kiemenloch (*Porus branchialis*) nach aussen (Fig. 151 *e*). Unten an der Bauchseite des Kiemen-

korbes findet sich in der Mittellinie eine flimmernde Rinne (die Hypobranchial-Rinne), die ebenso bei den Ascidien und bei den Larven der Cyclostomen wiederkehrt: sie ist deshalb von Interesse, weil sich aus ihr bei den höheren Wirbelthieren die Schilddrüse am Kehlkopfe (unterhalb des sogenannten »Adamsapfels«) entwickelt hat (Fig. 15 *y*).

Hinter dem athmenden oder respiratorischen Theile des Darmcanals kommt zweitens der verdauende Abschnitt, der digestive Theil desselben. Die kleinen Körperchen, welche der Amphioxus mit dem Athmungswasser aufnimmt, Infusorien, Diatomeen, Bestandtheile von zersetzten Pflanzen- und Thierkörpern u. s. w., gelangen aus dem Kiemenkorbe hinten in den verdauenden Abschnitt des Darmcanals hinein und werden hier als Nahrung aufgenommen und verarbeitet. Von einem etwas erweiterten Abschnitte, der dem Magen entspricht (Fig. 151 *e*), geht ein länglicher taschenförmiger Blindsack ab (*f*), welcher sich gerade nach vorn begiebt und auf der rechten Seite des Kiemenkorbes endigt. Das ist die Leber des Amphioxus, die einfachste Form der Leber, die wir bei den Wirbelthieren überhaupt kennen. Auch beim Menschen entwickelt sich, wie wir sehen werden, die Leber als ein taschenförmiger Blindsack, der sich hinter dem Magen aus dem Darmcanal ausstülpt.

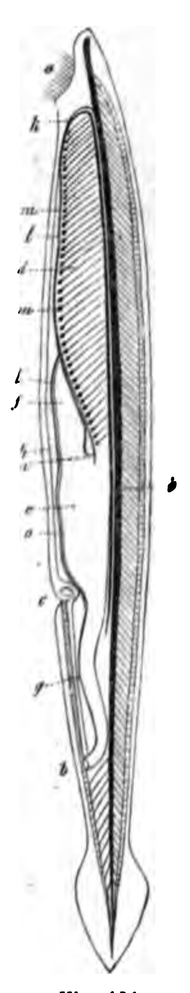


Fig. 151.

Nicht minder merkwürdig als die Bildung des Darmes ist die Bildung des Blutgefäss-Systems bei unserem Thierchen. Während nämlich alle anderen Wirbelthiere ein gedrungenes, dickes, beutelförmiges Herz haben, welches sich an der Kehle aus der unteren Wand des Vorderdarmes entwickelt, und von welchem die Blutgefässe

Fig. 151. Das Lanzetthierchen (*Amphioxus lanceolatus*) zweimal vergrössert, von der linken Seite gesehen (die Längsaxe steht senkrecht; das Mundende ist nach oben, das Schwanzende nach unten gerichtet, ebenso wie auf Taf. XI. Fig. 15). *a* Mundöffnung, von Bartfäden umgeben. *b* Afteröffnung. *c* Kiemenloch (*Porus branchialis*). *d* Kiemenkorb. *e* Magen. *f* Leber. *g* Dünndarm. *h* Kiemenhöhle. *i* Chorda (Axenstab), unter derselben die Aorta. *k* Aortenbogen. *l* Stamm der Kiemenarterie. *m* Anschwellungen an den Aesten derselben. *n* Hohlvene. *o* Darmvene.

ausgehen, findet sich beim Amphioxus überhaupt kein besonderes centralisirtes Herz vor, welches durch seine Pulsationen das Blut fortbewegt. Vielmehr wird diese Bewegung hier, wie bei den Ringelwürmern, durch die dünnen, röhrenförmigen Blutgefässe selbst bewirkt, welche die Function des Herzens übernehmen, sich in ihrer ganzen Länge pulsirend zusammenziehen, und so das farblose Blut durch den ganzen Körper treiben. Dieser Blutkreislauf ist so einfach und dabei so merkwürdig, dass wir ihn kurz betrachten wollen. Wir können vorn an der unteren Seite des Kiemenkorbes anfangen. Da liegt in der Mittellinie ein grosser Gefässstamm, welcher dem Herzen der übrigen Wirbelthiere und dem daraus entspringenden Stamm der Kiemenarterie entspricht, und welcher das Blut in die Kiemen hineintreibt (Fig. 151 *l*). Der vorderste Theil desselben ist (unmittelbar vor der ersten Kiemenspalte) herzartig angeschwollen und erweitert. Zahlreiche, kleine Gefässbogen treten jederseits aus dieser Kiemenarterie in die Höhe, bilden an der Abgangsstelle kleine herzähnliche Anschwellungen (Bulbillen *m*), gehen längs der Kiemenbogen zwischen den Kiemenspalten um den Vorderdarm herum, und vereinigen sich als Kiemenvenen oberhalb des Kiemenkorbes in einem grossen Gefässstamm, der unterhalb der Chorda dorsalis verläuft. Dieser Stamm ist die primitive Aorta (Taf. X, Fig. 13 *t*; Taf. XI, Fig. 15 *t*). Zwischen Darm und Chorda verläuft die Aorta gerade so wie bei allen höheren Wirbelthieren. Die Gefässästchen, welche diese Aorta an alle Theile des ganzen Körpers abgiebt, sammeln sich wieder in einem grossen venösen Gefässe, welches sich an die untere Seite des Darmes begiebt und hier als Darmvene bezeichnet werden kann (Fig. 151 *v*; Taf. X, Fig. 15 *v*; Taf. XI, Fig. 13 *v*). Sie geht weiter über auf den Leberschlauch, bildet hier eine Art Pfortader, indem sie den Leber-Blindsack mit einem feinen Gefässnetz umspinnt, und geht dann als Lebervene in einen nach vorn gerichteten Stamm über, den wir Hohlvene nennen können (Fig. 151 *n*). Dieser letztere tritt direct wieder an die Bauchseite des Kiemenkorbes und geht hier unmittelbar in die als Ausgangspunkt angenommene Kiemenarterie über. Wie eine ringförmig geschlossene Wasserleitung geht dieses unpaare Hauptgefässrohr des Amphioxus längs des Darmrohres durch seinen ganzen Körper hindurch und pulsirt in seiner ganzen Länge oben und unten. Ungefähr innerhalb einer Minute wird so das farblose Blut durch den ganzen Körper des Thierchens hindurch getrieben. Wenn das obere Rohr sich pulsirend zusammenzieht, füllt sich das untere mit Blut, und umgekehrt. Oben strömt das Blut von vorn nach hinten,

unten hingegen von hinten nach vorn. Das ganze lange Gefässrohr, welches unten längs der Bauchseite des Darmrohres verläuft, und welches venöses Blut enthält, entspricht wahrscheinlich dem sogenannten Bauchgefäss der Würmer (Taf. IV, Fig. 7 *v*). Hingegen ist das lange gerade Gefässrohr, welches oben längs der Rückenlinie des Darmrohres zwischen diesem und der Chorda verläuft, und welches arterielles Blut enthält, einerseits offenbar der Aorta der übrigen Wirbelthiere, anderseits aber zugleich dem sogenannten Rückengefäss der Würmer homolog (Taf. IV, Fig. 7 *t*).

Schon JOHANNES MÜLLER erkannte diese wichtige Uebereinstimmung in der Bildung des Blutgefäss-Systems beim Lanzetthierchen und bei den Würmern. Er hob namentlich die Analogie Beider, ihre physiologische Aehnlichkeit, hervor, indem das Blut in Beiden durch die pulsirenden Zusammenziehungen der grossen Gefässröhren in ihrer ganzen Länge fortgetrieben wird, nicht durch ein centralisirtes Herz, wie bei allen übrigen Wirbelthieren. Nach unserer Auffassung aber ist dieser wichtige Vergleich mehr als eine blosse Analogie. Er besitzt die tiefere Bedeutung einer wahren Homologie, und beruht auf einer morphologischen Uebereinstimmung der verglichenen Organe. Wir erfahren demnach durch den Amphioxus, dass die Aorta, die unpaare, zwischen Darm und Chorda verlaufende Hauptarterie der Wirbelthiere dem Rückengefässe der Würmer entspricht. Hingegen ist das Bauchgefäss der letzteren nur noch in der unpaaren, unten am Darm verlaufenden Darmvene des Amphioxus (und ihrer vorderen Fortsetzung: Pfortader, Lebervene, Hohlvene, Kiemenarterie) erhalten. Bei allen übrigen Wirbelthieren tritt diese Darmvene (ursprünglich das venöse Hauptgefäss!) im entwickelten Thierkörper ganz hinter anderen Venen zurück.

Neben den eigentlichen Blutgefässen scheinen beim Amphioxus auch noch besondere aufsaugende Lymphgefässe zu existiren. Als solche werden neuerdings mehrere unter der Haut verbreitete Canäle angesehen; namentlich die engen »Bauchcanäle« (Fig. 152 S_1) und die weiten »Seitencanäle« (*S*). Beide verlaufen der Länge nach an der Bauchseite und enthalten farblose Lymphe. Die Seitencanäle (*S*) sind möglicherweise als letzte Ueberbleibsel rückgebildeter Urnierengänge aufzufassen. Sie liegen in den beiden parallelen Seitenfalten der Bauchhaut (*U*) und sind sowohl vorn als hinten blind geschlossen, nicht nach aussen geöffnet, wie man bis vor Kurzem annahm.

Ausserordentlich eng und klein ist beim Amphioxus die eigentliche Leibeshöhle, das Coelom (Fig. 152 *Lh*). Sie umgiebt als schmaler

Pflanzen, die während der Ablagerung jener Schlammschicht daselbst lebten und starben.

Jede neptunische Gesteinsschicht enthält demnach ihre charakteristischen Versteinerungen, die Reste von Thieren und Pflanzen, welche während jener bestimmten Periode der Erdgeschichte gelebt haben. Indem man nun diese Schichten vergleichend zusammenstellt, ist man im Stande, die ganze Reihe der Erdperioden im Zusammenhange zu übersehen. Alle Geologen sind jetzt darüber einig, dass eine solche bestimmte historische Reihenfolge von Gebirgsformationen nachzuweisen ist, und dass die untersten dieser Schichten in uralten, die obersten derselben in den jüngsten Zeiten abgelagert worden sind. Aber an keiner Stelle der Erde findet sich die ganze Reihenfolge der Schichtensysteme vollständig über einander: an keiner Stelle ist dieselbe auch nur annährend vollständig beisammen. Vielmehr ist die Reihenfolge der verschiedenen Erdschichten und der ihnen entsprechenden Zeiträume der Erdgeschichte, wie sie allgemein von den Geologen angenommen wird, nur eine ideale, in der Wirklichkeit nicht vorhandene Construction, entstanden durch Zusammenstellung der einzelnen Erfahrungen, welche an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche über die Aufeinanderfolge der Schichten gemacht worden sind (Vergl. den XV. Vortrag).

Genau ebenso werden wir jetzt bei der Phylogenie des Menschen verfahren. Wir werden versuchen, aus verschiedenen phylogenetischen Bruchstücken, die sich bei sehr verschiedenen Gruppen des Thierreichs vorfinden, ein ungefähres Gesammtbild von der Ahnen-Reihe des Menschen zusammenzusetzen. Sie werden sehen, dass wir wirklich im Stande sind, durch die richtige Zusammenstellung und Vergleichung der Keimesgeschichte von sehr verschiedenen Thieren uns ein annähernd vollständiges Bild von der paläontologischen Entwickelungsgeschichte der Vorfahren des Menschen und der Säugethiere zu verschaffen; ein Bild, welches wir aus der Ontogenie der Säugethiere allein niemals hätten erschliessen können. In Folge der erwähnten cenogenetischen Processe, der gefälschten und der abgekürzten Vererbung, sind in der individuellen Entwickelungsgeschichte des Menschen und der übrigen Säugethiere ganze Entwickelungsreihen niederer Stufen, besonders aus den frühesten Perioden, ausgefallen oder durch Abänderungen gefälscht. Aber bei niederen Wirbelthieren und bei deren wirbellosen Vorfahren treffen wir gerade jene niederen Formstufen in ihrer ursprünglichen Reinheit vollständig an. Insbesondere haben sich bei dem allerniedrigsten Wirbelthiere, beim

(*Lh*) ist mit Lymphe erfüllt und ihre innere Wand vom Darmfaserblatt, ihre äussere Wand vom Hautfaserblatt ausgekleidet. Hingegen ist die Kiemenhöhle (*A*) mit Wasser erfüllt und ihre gesammte Wandung vom Hautsinnesblatte ausgekleidet. Letzteres überzieht hier die Oberfläche der beiden grossen seitlichen Kiemendeckel, der klappenartigen seitlichen Fortsätze der Leibeswand, welche unten um die ursprüngliche Bauchseite herumwachsen und sich in deren Mittellinie vereinigen in der Bauchnaht oder Raphe (Fig. 152 *R*).

Zu beiden Seiten dieser Bauchnaht, an der inneren Fläche der Kiemendeckel, unmittelbar vor dem Kiemenloch, über den Bauchmuskeln (*M*) und zwischen den Geschlechtsdrüsen (*G*) liegen die Nieren des Amphioxus. Diese harnabsondernden Drüsen erscheinen hier noch in einfachster Form, als drüsige Epithelwülste des Hautsinnesblattes. Die Epithelzellen derselben sind durch besondere Grösse und Beschaffenheit ausgezeichnet und enthalten krystallinische Ablagerungen oder Concremente. Da wir auch die Urnieren der übrigen Wirbelthiere ursprünglich als Hautdrüsen betrachten und sie phylogenetisch vom Hautsinnesblatte ableiten, ist es von hohem Interesse, diese Organe hier beim Lanzetthierchen zeitlebens als einfache Hautdrüsen bestehend zu finden.

Auch die Geschlechtsorgane erscheinen hier noch in ganz einfacher Form (Fig. 152 *G*). Beiderseits des Kiemen-Darmes im mittleren Theile der Kiemenhöhle liegt eine Anzahl von 20—30 elliptischen oder rundlich-viereckigen Säckchen, welche mit blossem Auge von aussen leicht zu sehen sind, da sie durch die dünne durchsichtige Leibeswand hindurchschimmern. Diese Säckchen sind beim Weibchen die Eierstöcke und enthalten Haufen von einfachen Eizellen (Taf. X, Fig. 13 *e*). Beim Männchen findet man statt deren die Hoden, Haufen von viel kleineren Zellen, welche sich in bewegliche Geisselzellen (Spermazellen) verwandeln. Beiderlei Säckchen liegen innen an der inneren Wand der Kiemenhöhle und haben keine besonderen Ausführgänge. Wenn die Eier des Weibchens und die Samenmassen des Männchens reif sind, fallen sie in die Leibeshöhle und werden durch das Kiemenloch entleert.

Wenn Sie nun jetzt die Resultate unserer anatomischen Untersuchung des Amphioxus in ein Gesammtbild zusammenfassen, und wenn Sie dieses Bild mit der bekannten Organisation des Menschen vergleichen, so wird Ihnen der Abstand zwischen Beiden ungeheuer erscheinen. In der That erhebt sich die höchste Blüthe des Wirbelthier-Organismus, welche der Mensch darstellt, in jeder Beziehung

so hoch über jene niederste Stufe, auf welcher das Lanzetthierchen stehen bleibt, dass Sie es zunächst kaum für möglich halten werden, beide Thierformen in einer und derselben Hauptabtheilung des Thierreiches zusammenzustellen. Und dennoch ist diese Zusammenstellung unerschütterlich begründet. Dennoch ist der Mensch nur eine weitere Ausbildungsstufe desselben Wirbelthier-Typus, der bereits im Amphioxus in seiner ganz charakteristischen Anlage unverkennbar vorliegt. Sie brauchen sich bloss an die früher gegebene Darstellung vom idealen Urbilde des Wirbelthieres zu erinnern (S. 207) und damit die verschiedenen niederen Ausbildungsstufen des menschlichen Embryo zu vergleichen, um sich von unserer nahen Verwandtschaft mit dem Lanzetthierchen zu überzeugen.

Allerdings ist neuerlich von einigen Zoologen die paradoxe Ansicht aufgestellt worden, dass der Amphioxus überhaupt gar keine Verwandtschaft zu den Wirbelthieren besitze. Insbesondere wurde das von Carl Semper und Robby Kossmann behauptet, denselben beiden Gelehrten, welche in Goethe einen bornirten Species-Dogmatiker entdeckten (vergl. S. 74). Indessen haben diese Herren jene Behauptung wohl nur in die Welt geschickt, um in Ermangelung positiver Verdienste ihren Namen durch negative Einfälle bekannt zu machen. Wer heute noch annimmt, dass Amphioxus nicht mit den Wirbelthieren verwandt sei, der geht ein Jahrhundert, bis hinter Pallas (1778) zurück, und der beweist nur, dass er sehr schwache Begriffe von vergleichender Anatomie und Entwickelungsgeschichte hat.

Freilich bleibt der Amphioxus tief unter allen übrigen noch jetzt lebenden Wirbelthieren stehen. Freilich fehlt ihm mit dem gesonderten Kopfe das entwickelte Gehirn und der Schädel, der alle anderen Wirbelthiere auszeichnet. Es fehlt ihm das Gehörorgan und das centralisirte Herz, das alle Anderen besitzen: ebenso fehlen ihm ausgebildete Nieren. Jedes einzelne Organ erscheint in einfacherer und unvollkommnerer Form als bei allen Anderen. Und dennoch ist die charakteristische Anlage, Verbindung und Lagerung sämmtlicher Organe ganz dieselbe, wie bei allen übrigen Wirbelthieren. Dennoch durchlaufen diese Alle während ihrer embryonalen Entwickelung frühzeitig ein Bildungsstadium, in welchem ihre gesammte Organisation sich nicht über diejenige des Amphioxus erhebt, vielmehr wesentlich mit ihr übereinstimmt. Vergl. die IX. Tabelle.

Um sich recht klar von diesem bedeutungsvollen Verhältniss zu überzeugen, ist besonders lehrreich die Vergleichung des Amphioxus

Hingegen ist die Abtheilung der Würmer für uns von hohem Interesse. In der Gruppe der Würmer findet sich nämlich eine erst neuerdings genauer untersuchte und sehr interessante Thierklasse, welche für den Stammbaum der Wirbelthiere die grösste Bedeutung besitzt. Das ist die Klasse der Mantelthiere oder Tunicaten. Ein Mitglied dieser Klasse, die Seescheide oder Ascidie, schliesst sich in ihrem wesentlichen inneren Bau und in ihrer Keimungsweise aufs engste an das niederste Wirbelthier, den Amphioxus oder das Lanzetthierchen an. Man hatte bis vor wenigen Jahren keine Vorstellung von dem engen Zusammenhange dieser beiden, scheinbar sehr verschiedenen Thierformen, und es war ein sehr glücklicher Zufall, dass gerade jetzt, wo die Frage der Abstammung der Wirbelthiere von den wirbellosen Thieren in den Vordergrund trat, die Keimesgeschichte dieser beiden nächst verwandten Thiere entdeckt wurde. Um dieselbe richtig zu verstehen, müssen wir uns zunächst die beiden merkwürdigen Thiere im ausgebildeten Zustande ansehen und ihre Anatomie vergleichen.

Wir beginnen mit dem Lanzetthierchen oder Amphioxus, welches nächst dem Menschen das wichtigste und interessanteste aller Wirbelthiere ist. (Vergl. Fig. 151 und Taf. XI, Fig. 15. Der Amphioxus wurde zuerst im Jahre 1778 von dem deutschen Naturforscher PALLAS beschrieben. Er erhielt dieses kleine Thierchen aus der Nordsee von England zugeschickt, glaubte darin eine nahe Verwandte unserer gewöhnlichen nackten Wegschnecke (*Limax*) zu erkennen und nannte es daher *Limax lanceolatus*. Ueber ein halbes Jahrhundert hindurch kümmerte sich Niemand weiter um diese angebliche Nacktschnecke. Erst im Jahre 1834 wurde das unscheinbare Thierchen im Sande des Posilippo bei Neapel lebend beobachtet, und zwar von dem dortigen Zoologen COSTA. Dieser behauptete, dass dasselbe keine Schnecke, sondern ein Fischchen sei, und nannte es *Branchiostoma lubricum*. Fast gleichzeitig wies ein englischer Naturforscher, YARRELL, ein inneres Axen-Skelet in demselben nach und gab ihm den Namen *Amphioxus lanceolatus*. Am genauesten untersuchte es dann 1839 der berühmte Berliner Zoologe JOHANNES MÜLLER, dem wir eine sehr gründliche und ausführliche Abhandlung über seine Anatomie verdanken.[113] In neuester Zeit ist durch mehrfache Untersuchungsreihen unsere Kenntniss wesentlich ergänzt und namentlich auch der feinere Bau näher bekannt geworden.[114]

Der Amphioxus lebt an flachen sandigen Stellen der Meeresküste, theilweis im Sande vergraben, und ist, wie es scheint, sehr verbreitet

halb in den Stamm der Weichthiere stellte. Nachdem wir aber im Jahre 1866 die merkwürdige Keimesgeschichte dieser Thiere kennen gelernt haben, unterliegt es keinem Zweifel mehr, dass sie gar nichts mit den Weichthieren zu thun haben. Hingegen haben sie sich durch ihre gesammte individuelle Entwickelungsweise zur grössten Ueberraschung der Zoologen als die nächsten Verwandten der Wirbelthiere enthüllt. Die Ascidien sind im ausgebildeten Zustande unförmliche Klumpen, die man auf den ersten Anblick sicher überhaupt nicht für Thiere halten wird. Der länglichrunde, oft höckerige oder unregelmässig knollige Körper, an dem gar keine besonderen äusseren Theile zu unterscheiden sind, ist am einen Ende auf Seepflanzen, auf Steinen oder auf dem Meeresboden festgewachsen. Manche Arten sehen wie eine Kartoffelknolle aus, andere wie ein Melonencactus, andere wie eine eingetrocknete Pflaume. Viele Ascidien bilden krustenartige, höchst unscheinbare Ueberzüge auf Steinen und Seepflanzen. Einige grössere Arten werden wie Austern gegessen. Die Fischer, welche sie genau kennen, halten sie nicht für Thiere, sondern für Seegewächse. So werden sie denn auch auf den Fischmärkten vieler italiänischer Seestädte zusammen mit anderen niederen Seethieren unter dem Namen »Meeres-Obst« (*Frutti di mare*) feil geboten. Es ist eben gar Nichts vorhanden, was äusserlich auf ein Thier hindeutet. Wenn man sie mit dem Schleppnetz aus dem Meere heraufholt, bemerkt man höchstens eine schwache Zusammenziehung des Körpers, welche ein Ausspritzen von Wasser an ein paar Stellen zur Folge hat. Die meisten Ascidien sind sehr klein, nur ein Paar Linien oder höchstens einige Zoll lang. Wenige Arten erreichen einen Fuss Länge oder etwas darüber. Es giebt zahlreiche Arten von Ascidien, und in allen Meeren sind dergleichen anzutreffen. Auch von dieser ganzen Thierklasse kennen wir keine versteinerten Ueberreste, weil sie keine harten versteinerungsfähigen Theile besitzen. Auch diese Thiere sind jedenfalls sehr hohen Alters, und existirten sicher bereits während des primordialen Zeitalters.

Den Namen Mantelthiere trägt die ganze Klasse, zu der die Ascidien gehören, deshalb, weil der Körper von einer dichten und festen Hülle, wie von einem Mantel, umschlossen ist. Dieser Mantel, der bald gallertartig weich, bald lederartig zäh, bald knorpelartig fest erscheint, ist durch viele Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet. Wohl das Merkwürdigste ist, dass er aus einer holzartigen Masse, aus Cellulose, besteht, aus demselben »Pflanzenzellstoff«, welcher die festen Hüllen der Pflanzenzellen, die Substanz des Holzes bildet. Die

Tunicaten sind die einzige Thierklasse, welche in Wahrheit ein Cellulose-Kleid, eine holzartige Umhüllung, besitzen. Bisweilen ist der Cellulose-Mantel bunt gefärbt, anderemale farblos. Nicht selten ist er mit Stacheln oder Haaren, ähnlich einem Cactus, besetzt. Oft sind eine Masse fremde Körper: Steine, Sand, Bruchstücke von Muschelschalen u. s. w. in den Mantel eingewebt. Eine Ascidie führt davon den Namen »Mikrokosmus«. [117]

Um die innere Organisation der Ascidie richtig zu würdigen und die Vergleichung mit dem Amphioxus durchführen zu können, müssen wir sie uns in derselben Lage wie den letzteren vorstellen (Taf. XI, Fig. 14, von der linken Seite: das Mundende ist nach oben, der Rücken nach rechts, der Bauch nach links gerichtet). Das hintere Ende, das dem Schwanze des Amphioxus entspricht, ist gewöhnlich festgewachsen, oft mittelst förmlicher Wurzeln. Bauchseite und Rückenseite sind innerlich sehr verschieden, äusserlich aber oft nicht zu unterscheiden. Wenn wir nun den dicken Mantel öffnen, um uns die innere Organisation zu betrachten, so finden wir zunächst eine sehr geräumige, mit Wasser erfüllte Höhle: Die **Kiemenhöhle** oder Athemhöhle. (Fig. 153 *cl*; Taf. XI, Fig. 14 *cl*). Sie wird auch Mantelhöhle oder Kloaken-Höhle genannt, weil sie ausser dem Athemwasser auch noch die Excremente und die Geschlechtsproducte aufnimmt. Den grössten Theil der Athemhöhle füllt der ansehnliche gegitterte **Kiemensack** aus (*br*). Derselbe ist nach seiner ganzen

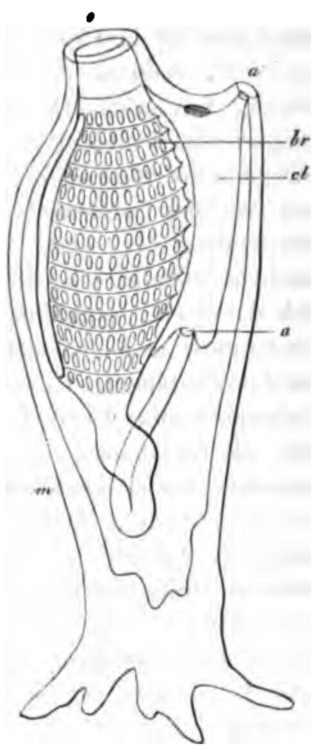


Fig. 153.

Fig. 153. Organisation einer Ascidie (Ansicht von der linken Seite wie auf Taf. XI, Fig. 14); die Rückenseite ist nach rechts, die Bauchseite nach links gekehrt, die Mundöffnung (*o*) nach oben; am entgegengesetzten Schwanzende ist die Ascidie unten festgewachsen. Der Kiemendarm (*br*), der von vielen Spalten durchbrochen ist, setzt sich unten in den Magendarm fort. Der Enddarm öffnet sich durch den After (*a*) in die Kiemenhöhle (*cl*), aus der die Excremente mit dem Athemwasser durch das Kiemenloch oder die Cloakenmündung (*a'*) entfernt werden. *m* Mantel. (Nach GEGENBAUR.)

Lage und Zusammensetzung dem Kiemenkorbe des Amphioxus so ähnlich, dass schon vor vielen Jahren, ehe man etwas von der wahren Verwandtschaft beider Thiere wusste, diese auffallende Aehnlichkeit vom englichen Naturforscher GOODSIR hervorgehoben wurde. In der That führt uns auch bei der Ascidie die Mundöffnung (*o*) zunächst in diesen Kiemensack hinein. Das Athemwasser tritt durch die Spalten des gegitterten Kiemensackes in die Kiemenhöhle und wird aus dieser durch das Athemloch oder die Auswurfs-Oeffnung entfernt (a_1). Längs der Bauchseite des Kiemensackes verläuft eine flimmernde Rinne, dieselbe »Hypobranchial-Rinne«, die wir vorher auch beim Amphioxus an der gleichen Stelle gefunden haben (Taf. XI, Fig. 14 *y*, 15 *y*). Die Nahrung der Ascidie besteht ebenfalls aus kleinen Organismen: Infusorien, Diatomeen, Bestandtheilen von zersetzten Seepflanzen und Seethieren u. s. w. Diese gelangen mit dem Athmungswasser in den Kiemenkorb, und am Ende desselben in den verdauenden Theil des Darmcanals, zunächst in eine den Magen darstellende Erweiterung (Fig. 14 *mg*). Der sich daran schliessende Dünndarm macht gewöhnlich eine Schlinge, biegt sich nach vorn um und öffnet sich durch eine Afteröffnung (Fig. 153 *a*) nicht direct nach aussen, sondern erst in die Kiemenhöhle: aus dieser werden die Excremente mit dem geathmeten Wasser und mit den Geschlechtsproducten durch die gemeinsame Auswurfsöffnung entfernt (a_1). Die letztere wird bald als Kiemenloch oder Athemloch (*Porus branchialis*), bald als Egestionsöffnung oder Kloakenmündung bezeichnet (Taf. XI, Fig. 14 *q*). Bei vielen Ascidien mündet in den Darm eine drüsige Masse, welche die Leber darstellt (Fig. 14 *lb*). Bei einigen findet sich neben der Leber noch eine andere Drüse, welche man für die Niere hält (Fig. 14 *u*). Die eigentliche Leibeshöhle oder das Coelom, welche mit Blut erfüllt ist und den Magendarm umschliesst, ist bei der Ascidie sehr eng, wie beim Amphioxus, und ist auch hier gewöhnlich mit der weiten, wassererfüllten Kiemenhöhle verwechselt worden.

Von einer Chorda dorsalis, einem inneren Axen-Skelet, ist bei der ausgebildeten Ascidie keine Spur vorhanden. Um so interessanter ist es, dass das junge Thier, welches aus dem Ei ausschlüpft, eine Chorda besitzt (Taf. X, Fig. 5 *ch*) und dass über dieser ein rudimentäres Markrohr liegt (Fig. 5 *m*). Das letztere ist bei der ausgebildeten Ascidie ganz zusammengeschrumpft und stellt einen kleinen Nervenknoten dar, welcher vorn oben über dem Kiemenkorbe liegt (Fig. 14 *m*). Er entspricht dem sogenannten »oberen Schlundknoten« oder dem »Gehirn« anderer Würmer. Besondere Sinnesorgane fehlen

entweder ganz oder sind nur in höchst einfacher Form vorhanden, als einfache Augenflecke und Tastwarzen, welche die Mundöffnung umgeben (Fig. 14 *au* Augen). Das Muskelsystem ist sehr schwach und unregelmässig entwickelt. Unmittelbar unter der dünnen Lederhaut und mit ihr innig verbunden findet sich ein dünner Hautmuskelschlauch, wie bei niederen Würmern. Hingegen besitzt die Ascidie ein centralisirtes Herz, und sie erscheint in diesem Punkte höher organisirt als der Amphioxus. Auf der Bauchseite des Darmes, ziemlich weit hinter dem Kiemenkorbe, liegt ein spindelförmiges Herz (Fig. 14 *hz*). Dasselbe besitzt bleibend dieselbe einfache Schlauchform, welche die erste Anlage des Herzens bei den Wirbelthieren vorübergehend darstellt (vergl. das Herz des menschlichen Embryo, Fig. 144 *c*, S. 314). Dieses einfache Herz der Ascidie zeigt uns aber eine wunderbare Eigenthümlichkeit. Es zieht sich nämlich in wechselnder Richtung zusammen. Während sonst bei allen Thieren die Pulsation des Herzens beständig in einer bestimmten Richtung geschieht (und zwar meistens in der Richtung von hinten nach vorn), wechselt dieselbe bei der Ascidie in entgegengesetzter Richtung ab. Erst zieht sich das Herz in der Richtung von hinten nach vorn zusammen, steht dann nach einer Minute still, und beginnt die entgegengesetzte Pulsation, indem es jetzt das Blut von vorn nach hinten austreibt; die beiden grossen Gefässe, welche von den beiden Enden des Herzens ausgehen, sind also abwechselnd als Arterie und als Vene thätig. Das ist eine Eigenthümlichkeit, welche bloss den Tunicaten zukommt.

Von den übrigen wichtigen Organen sind noch die Geschlechtsorgane zu erwähnen, welche ganz hinten in der Leibeshöhle liegen. Die Ascidien sind sämmtlich Zwitter. Jedes Individuum besitzt eine männliche und eine weibliche Drüse, und ist also im Stande, sich selbst zu befruchten. Die reifen Eier (Fig. 154 *o'*) fallen direct aus dem Eierstock (*o*) in die Kiemenhöhle. Das männliche Sperma hingegen wird aus dem Hoden (*t*) durch einen besonderen Samenleiter (*vd*) in dieselbe Höhle übergeführt. Hier geschieht die Befruchtung, und hier findet man bei vielen Ascidien schon entwickelte Embryonen (Taf. XI, Fig. 14 *z*). Letztere werden dann mit dem Athemwasser durch die Cloakenmündung (*q*) entleert, also »lebendig geboren«.

Viele Ascidien, namentlich von den kleineren Arten, vermehren sich nicht nur durch geschlechtliche Fortpflanzung, sondern auch auf ungeschlechtlichem Wege durch Knospenbildung. Indem zahlreiche solche durch Knospung entstandene Einzelthiere oder Personen zeit-

ausgehen, findet sich beim Amphioxus überhaupt kein besonderes centralisirtes Herz vor, welches durch seine Pulsationen das Blut fortbewegt. Vielmehr wird diese Bewegung hier, wie bei den Ringelwürmern, durch die dünnen, röhrenförmigen Blutgefässe selbst bewirkt, welche die Function des Herzens übernehmen, sich in ihrer ganzen Länge pulsirend zusammenziehen, und so das farblose Blut durch den ganzen Körper treiben. Dieser Blutkreislauf ist so einfach und dabei so merkwürdig, dass wir ihn kurz betrachten wollen. Wir können vorn an der unteren Seite des Kiemenkorbes anfangen. Da liegt in der Mittellinie ein grosser Gefässstamm, welcher dem Herzen der übrigen Wirbelthiere und dem daraus entspringenden Stamm der Kiemenarterie entspricht, und welcher das Blut in die Kiemen hineintreibt (Fig. 151 *l*). Der vorderste Theil desselben ist (unmittelbar vor der ersten Kiemenspalte) herzartig angeschwollen und erweitert. Zahlreiche, kleine Gefässbogen treten jederseits aus dieser Kiemenarterie in die Höhe, bilden an der Abgangsstelle kleine herzähnliche Anschwellungen (Bulbillen *m*), gehen längs der Kiemenbogen zwischen den Kiemenspalten um den Vorderdarm herum, und vereinigen sich als Kiemenvenen oberhalb des Kiemenkorbes in einem grossen Gefässstamm, der unterhalb der Chorda dorsalis verläuft. Dieser Stamm ist die primitive Aorta (Taf. X, Fig. 13 *t*; Taf. XI, Fig. 15 *t*). Zwischen Darm und Chorda verläuft die Aorta gerade so wie bei allen höheren Wirbelthieren. Die Gefässästchen, welche diese Aorta an alle Theile des ganzen Körpers abgiebt, sammeln sich wieder in einem grossen venösen Gefässe, welches sich an die untere Seite des Darmes begiebt und hier als Darmvene bezeichnet werden kann (Fig. 151 *o*; Taf. X, Fig. 15 *v*; Taf. XI, Fig. 13 *v*). Sie geht weiter über auf den Leberschlauch, bildet hier eine Art Pfortader, indem sie den Leber-Blindsack mit einem feinen Gefässnetz umspinnt, und geht dann als Lebervene in einen nach vorn gerichteten Stamm über, den wir Hohlvene nennen können (Fig. 151 *n*). Dieser letztere tritt direct wieder an die Bauchseite des Kiemenkorbes und geht hier unmittelbar in die als Ausgangspunkt angenommene Kiemenarterie über. Wie eine ringförmig geschlossene Wasserleitung geht dieses unpaare Hauptgefässrohr des Amphioxus längs des Darmrohres durch seinen ganzen Körper hindurch und pulsirt in seiner ganzen Länge oben und unten. Ungefähr innerhalb einer Minute wird so das farblose Blut durch den ganzen Körper des Thierchens hindurch getrieben. Wenn das obere Rohr sich pulsirend zusammenzieht, füllt sich das untere mit Blut, und umgekehrt. Oben strömt das Blut von vorn nach hinten,

unten hingegen von hinten nach vorn. Das ganze lange Gefässrohr, welches unten längs der Bauchseite des Darmrohres verläuft, und welches venöses Blut enthält, entspricht wahrscheinlich dem sogenannten Bauchgefäss der Würmer (Taf. IV, Fig. 7 *v*). Hingegen ist das lange gerade Gefässrohr, welches oben längs der Rückenlinie des Darmrohres zwischen diesem und der Chorda verläuft, und welches arterielles Blut enthält, einerseits offenbar der Aorta der übrigen Wirbelthiere, anderseits aber zugleich dem sogenannten Rückengefäss der Würmer homolog (Taf. IV, Fig. 7 *t*).

Schon Johannes Müller erkannte diese wichtige Uebereinstimmung in der Bildung des Blutgefäss-Systems beim Lanzetthierchen und bei den Würmern. Er hob namentlich die Analogie Beider, ihre physiologische Aehnlichkeit, hervor, indem das Blut in Beiden durch die pulsirenden Zusammenziehungen der grossen Gefässröhren in ihrer ganzen Länge fortgetrieben wird, nicht durch ein centralisirtes Herz, wie bei allen übrigen Wirbelthieren. Nach unserer Auffassung aber ist dieser wichtige Vergleich mehr als eine blosse Analogie. Er besitzt die tiefere Bedeutung einer wahren Homologie, und beruht auf einer morphologischen Uebereinstimmung der verglichenen Organe. Wir erfahren demnach durch den Amphioxus, dass die Aorta, die unpaare, zwischen Darm und Chorda verlaufende Hauptarterie der Wirbelthiere dem Rückengefässe der Würmer entspricht. Hingegen ist das Bauchgefäss der letzteren nur noch in der unpaaren, unten am Darm verlaufenden Darmvene des Amphioxus (und ihrer vorderen Fortsetzung: Pfortader, Lebervene, Hohlvene, Kiemenarterie) erhalten. Bei allen übrigen Wirbelthieren tritt diese Darmvene (ursprünglich das venöse Hauptgefäss!) im entwickelten Thierkörper ganz hinter anderen Venen zurück.

Neben den eigentlichen Blutgefässen scheinen beim Amphioxus auch noch besondere aufsaugende Lymphgefässe zu existiren. Als solche werden neuerdings mehrere unter der Haut verbreitete Canäle angesehen; namentlich die engen »Bauchcanäle« (Fig. 152 S_1) und die weiten »Seitencanäle« (S). Beide verlaufen der Länge nach an der Bauchseite und enthalten farblose Lymphe. Die Seitencanäle (S) sind möglicherweise als letzte Ueberbleibsel rückgebildeter Urnierengänge aufzufassen. Sie liegen in den beiden parallelen Seitenfalten der Bauchhaut (U) und sind sowohl vorn als hinten blind geschlossen, nicht nach aussen geöffnet, wie man bis vor Kurzem annahm.

Ausserordentlich eng und klein ist beim Amphioxus die eigentliche Leibeshöhle, das Coelom (Fig. 152 *Lh*). Sie umgiebt als schmaler

Spaltraum das Darmrohr und hängt wahrscheinlich mit jenen Lymphräumen zusammen. Früher wurde sie mit der grossen Athemhöhle oder Kiemenhöhle (*A*) verwechselt, welche eine ganz andere morphologische und physiologische Bedeutung hat. Die wahre Leibeshöhle

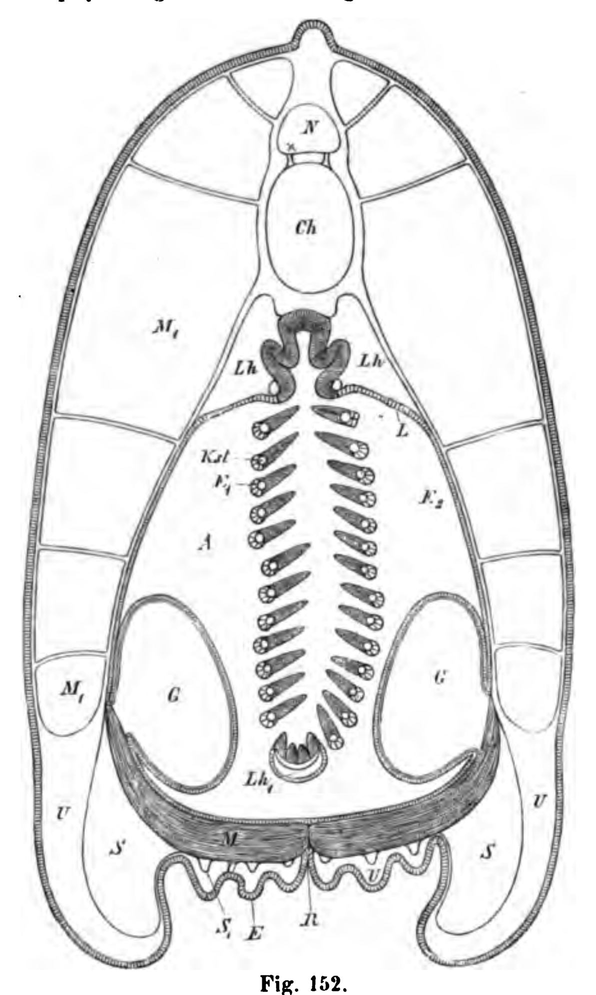


Fig. 152.

Fig. 152. Querschnitt durch das Lanzetthierchen, in der vorderen Hälfte (nach ROLPH). Die äussere Umhüllung bildet die einfache Zellenschicht der Oberhaut (Epidermis *E*). Darunter liegt die dünne Lederhaut (Corium), deren Unterhautgewebe unten (*U*) verdickt ist; sie sendet bindegewebige Scheidewände nach innen zwischen die Muskeln (M_1) und zu der Chordascheide. *N* Markrohr. *Ch* Chorda. *Lh* Leibeshöhle. *A* Kiemenhöhle. *L* Obere Wand derselben. E_1 Innere Wand derselben. E_2 Aeussere Wand derselben. *Kst* Kiemenstäbchen. *M* Bauchmuskeln. *R* Raphe oder Verwachsungsnaht der Bauchfalten (Kiemendeckel). *G* Geschlechtsdrüsen.

(*Lh*) ist mit Lymphe erfüllt und ihre innere Wand vom Darmfaserblatt, ihre äussere Wand vom Hautfaserblatt ausgekleidet. Hingegen ist die Kiemenhöhle (*A*) mit Wasser erfüllt und ihre gesammte Wandung vom Hautsinnesblatte ausgekleidet. Letzteres überzieht hier die Oberfläche der beiden grossen seitlichen Kiemendeckel, der klappenartigen seitlichen Fortsätze der Leibeswand, welche unten um die ursprüngliche Bauchseite herumwachsen und sich in deren Mittellinie vereinigen in der Bauchnaht oder Raphe (Fig. 152 *R*).

Zu beiden Seiten dieser Bauchnaht, an der inneren Fläche der Kiemendeckel, unmittelbar vor dem Kiemenloch, über den Bauchmuskeln (*M*) und zwischen den Geschlechtsdrüsen (*G*) liegen die Nieren des Amphioxus. Diese harnabsondernden Drüsen erscheinen hier noch in einfachster Form, als drüsige Epithelwülste des Hautsinnesblattes. Die Epithelzellen derselben sind durch besondere Grösse und Beschaffenheit ausgezeichnet und enthalten krystallinische Ablagerungen oder Concremente. Da wir auch die Urnieren der übrigen Wirbelthiere ursprünglich als Hautdrüsen betrachten und sie phylogenetisch vom Hautsinnesblatte ableiten, ist es von hohem Interesse, diese Organe hier beim Lanzetthierchen zeitlebens als einfache Hautdrüsen bestehend zu finden.

Auch die Geschlechtsorgane erscheinen hier noch in ganz einfacher Form (Fig. 152 *G*). Beiderseits des Kiemen-Darmes im mittleren Theile der Kiemenhöhle liegt eine Anzahl von 20—30 elliptischen oder rundlich-viereckigen Säckchen, welche mit blossem Auge von aussen leicht zu sehen sind, da sie durch die dünne durchsichtige Leibeswand hindurchschimmern. Diese Säckchen sind beim Weibchen die Eierstöcke und enthalten Haufen von einfachen Eizellen (Taf. X, Fig. 13 *e*). Beim Männchen findet man statt deren die Hoden, Haufen von viel kleineren Zellen, welche sich in bewegliche Geisselzellen (Spermazellen) verwandeln. Beiderlei Säckchen liegen innen an der inneren Wand der Kiemenhöhle und haben keine besonderen Ausführgänge. Wenn die Eier des Weibchens und die Samenmassen des Männchens reif sind, fallen sie in die Leibeshöhle und werden durch das Kiemenloch entleert.

Wenn Sie nun jetzt die Resultate unserer anatomischen Untersuchung des Amphioxus in ein Gesammtbild zusammenfassen, und wenn Sie dieses Bild mit der bekannten Organisation des Menschen vergleichen, so wird Ihnen der Abstand zwischen Beiden ungeheuer erscheinen. In der That erhebt sich die höchste Blüthe des Wirbelthier-Organismus, welche der Mensch darstellt, in jeder Beziehung

so hoch über jene niederste Stufe, auf welcher das Lanzetthierchen stehen bleibt, dass Sie es zunächst kaum für möglich halten werden. beide Thierformen in einer und derselben Hauptabtheilung des Thierreiches zusammenzustellen. Und dennoch ist diese Zusammenstellung unerschütterlich begründet. Dennoch ist der Mensch nur eine weitere Ausbildungsstufe desselben Wirbelthier-Typus, der bereits im Amphioxus in seiner ganz charakteristischen Anlage unverkennbar vorliegt. Sie brauchen sich bloss an die früher gegebene Darstellung vom idealen Urbilde des Wirbelthieres zu erinnern (S. 207) und damit die verschiedenen niederen Ausbildungsstufen des menschlichen Embryo zu vergleichen, um sich von unserer nahen Verwandtschaft mit dem Lanzetthierchen zu überzeugen.

Allerdings ist neuerlich von einigen Zoologen die paradoxe Ansicht aufgestellt worden, dass der Amphioxus überhaupt gar keine Verwandtschaft zu den Wirbelthieren besitze. Insbesondere wurde das von CARL SEMPER und ROBBY KOSSMANN behauptet, denselben beiden Gelehrten. welche in GOETHE einen bornirten Species-Dogmatiker entdeckten (vergl. S. 74). Indessen haben diese Herren jene Behauptung wohl nur in die Welt geschickt, um in Ermangelung positiver Verdienste ihren Namen durch negative Einfälle bekannt zu machen. Wer heute noch annimmt. dass Amphioxus nicht mit den Wirbelthieren verwandt sei, der geht ein Jahrhundert, bis hinter PALLAS (1778) zurück. und der beweist nur. dass er sehr schwache Begriffe von vergleichender Anatomie und Entwickelungsgeschichte hat.

Freilich bleibt der Amphioxus tief unter allen übrigen noch jetzt lebenden Wirbelthieren stehen. Freilich fehlt ihm mit dem gesonderten Kopfe das entwickelte Gehirn und der Schädel, der alle anderen Wirbelthiere auszeichnet. Es fehlt ihm das Gehörorgan und das centralisirte Herz. das alle Anderen besitzen: ebenso fehlen ihm ausgebildete Nieren. Jedes einzelne Organ erscheint in einfacherer und unvollkommnerer Form als bei allen Anderen. Und dennoch ist die charakteristische Anlage, Verbindung und Lagerung sämmtlicher Organe ganz dieselbe. wie bei allen übrigen Wirbelthieren. Dennoch durchlaufen diese Alle während ihrer embryonalen Entwickelung frühzeitig ein Bildungsstadium. in welchem ihre gesammte Organisation sich nicht über diejenige des Amphioxus erhebt. vielmehr wesentlich mit ihr übereinstimmt. (Vergl. die IX. Tabelle.

Um sich recht klar von diesem bedeutungsvollen Verhältniss zu überzeugen, ist besonders lehrreich die Vergleichung des Amphioxus

mit den jugendlichen Entwickelungsformen derjenigen Wirbelthiere, welche ihm im natürlichen Systeme dieses Stammes am nächsten stehen. Das ist die Klasse der Rundmäuler oder Cyclostomen. Heutzutage leben von dieser merkwürdigen, früher umfangreichen Thierklasse nur noch sehr wenige Arten, die sich auf zwei verschiedene Gruppen vertheilen. Die eine Gruppe bilden die Inger oder Myxinoiden, welche uns durch JOHANNES MÜLLER'S classisches Werk, die »Vergleichende Anatomie der Myxinoiden«, genau bekannt geworden sind. Die andere Gruppe bilden die Petromyzonten, die allbekannten Lampreten, Pricken oder Neunaugen, die wir in marinirtem Zustande als Leckerbissen verzehren. Alle diese Rundmäuler werden gewöhnlich zur Klasse der Fische gerechnet. Sie stehen aber tief unter den wahren Fischen und bilden eine höchst interessante Verbindungsgruppe zwischen diesen und dem Lanzetthierchen. Wie nahe sie dem letzteren stehen, werden Sie klar erkennen, wenn Sie eine jugendliche Pricke (*Petromyzon*, Taf. XI, Fig. 16) mit dem Amphioxus (Fig. 15) vergleichen. Die Chorda (*ch*) ist in Beiden von derselben einfachen Gestalt, ebenso das Markrohr (*m*), welches über der Chorda, und das Darmrohr (*d*), welches unter der Chorda liegt. Jedoch schwillt das Markrohr bei der Pricke vorn bald zu einer einfachen birnförmigen Gehirnblase an (m_1) und beiderseits derselben erscheint ein einfachstes Auge (*au*) und ein einfaches Gehörbläschen (*g*). Die Nase (*n*) ist noch eine unpaare Grube, wie beim Amphioxus. Auch die beiden Darmabschnitte, der vordere Kiemendarm (*k*) und der hintere Magendarm (*d*), verhalten sich bei Petromyzon noch ganz ähnlich und sehr einfach. Hingegen zeigt sich ein wesentlicher Fortschritt in der Organisation des Herzens, welches hier unterhalb der Kiemen als ein centralisirter Muskelschlauch auftritt und in eine Vorkammer (*hv*) und Hauptkammer (*hk*) zerfällt. Späterhin entwickelt sich die Pricke bedeutend höher, bekommt einen Schädel, fünf Hirnblasen, eine Reihe selbstständiger Kiemenbeutel u. s. w. Um so interessanter ist aber die auffallende Uebereinstimmung, welche ihre jugendliche »Larve« mit dem entwickelten Amphioxus zeigt. [116]

Während so der Amphioxus durch die Cyclostomen unmittelbar an die Fische und dadurch an die Reihe der höheren Wirbelthiere sich anschliesst, besitzt er auf der anderen Seite die nächste Verwandtschaft mit einem niederen wirbellosen Seethiere, von dem er auf den ersten Blick himmelweit verschieden zu sein scheint. Dieses merkwürdige Thier ist die Seescheide oder Ascidie, welche man bis vor Kurzem als nächste Verwandte der Muscheln betrachtete und des-

halb in den Stamm der Weichthiere stellte. Nachdem wir aber im Jahre 1866 die merkwürdige Keimesgeschichte dieser Thiere kennen gelernt haben, unterliegt es keinem Zweifel mehr, dass sie gar nichts mit den Weichthieren zu thun haben. Hingegen haben sie sich durch ihre gesammte individuelle Entwickelungsweise zur grössten Ueberraschung der Zoologen als die nächsten Verwandten der Wirbelthiere enthüllt. Die Ascidien sind im ausgebildeten Zustande unförmliche Klumpen, die man auf den ersten Anblick sicher überhaupt nicht für Thiere halten wird. Der länglichrunde, oft höckerige oder unregelmässig knollige Körper, an dem gar keine besonderen äusseren Theile zu unterscheiden sind, ist am einen Ende auf Seepflanzen, auf Steinen oder auf dem Meeresboden festgewachsen. Manche Arten sehen wie eine Kartoffelknolle aus, andere wie ein Melonencactus, andere wie eine eingetrocknete Pflaume. Viele Ascidien bilden krustenartige, höchst unscheinbare Ueberzüge auf Steinen und Seepflanzen. Einige grössere Arten werden wie Austern gegessen. Die Fischer, welche sie genau kennen, halten sie nicht für Thiere, sondern für Seegewächse. So werden sie denn auch auf den Fischmärkten vieler italiänischer Seestädte zusammen mit anderen niederen Seethieren unter dem Namen »Meeres-Obst« (*Frutti di mare*) feil geboten. Es ist eben gar Nichts vorhanden, was äusserlich auf ein Thier hindeutet. Wenn man sie mit dem Schleppnetz aus dem Meere heraufholt, bemerkt man höchstens eine schwache Zusammenziehung des Körpers, welche ein Ausspritzen von Wasser an ein paar Stellen zur Folge hat. Die meisten Ascidien sind sehr klein, nur ein Paar Linien oder höchstens einige Zoll lang. Wenige Arten erreichen einen Fuss Länge oder etwas darüber. Es giebt zahlreiche Arten von Ascidien, und in allen Meeren sind dergleichen anzutreffen. Auch von dieser ganzen Thierklasse kennen wir keine versteinerten Ueberreste, weil sie keine harten versteinerungsfähigen Theile besitzen. Auch diese Thiere sind jedenfalls sehr hohen Alters, und existirten sicher bereits während des primordialen Zeitalters.

Den Namen Mantelthiere trägt die ganze Klasse, zu der die Ascidien gehören, deshalb, weil der Körper von einer dichten und festen Hülle, wie von einem Mantel, umschlossen ist. Dieser Mantel, der bald gallertartig weich, bald lederartig zäh, bald knorpelartig fest erscheint, ist durch viele Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet. Wohl das Merkwürdigste ist, dass er aus einer holzartigen Masse, aus Cellulose, besteht, aus demselben »Pflanzenzellstoff«, welcher die festen Hüllen der Pflanzenzellen, die Substanz des Holzes bildet. Die

Tunicaten sind die einzige Thierklasse, welche in Wahrheit ein Cellulose-Kleid, eine holzartige Umhüllung, besitzen. Bisweilen ist der Cellulose-Mantel bunt gefärbt, anderemale farblos. Nicht selten ist er mit Stacheln oder Haaren, ähnlich einem Cactus, besetzt. Oft sind eine Masse fremde Körper: Steine, Sand, Bruchstücke von Muschelschalen u. s. w. in den Mantel eingewebt. Eine Ascidie führt davon den Namen »Mikrokosmus«. [117]

Um die innere Organisation der Ascidie richtig zu würdigen und die Vergleichung mit dem Amphioxus durchführen zu können, müssen wir sie uns in derselben Lage wie den letzteren vorstellen (Taf. XI, Fig. 14, von der linken Seite: das Mundende ist nach oben, der Rücken nach rechts, der Bauch nach links gerichtet). Das hintere Ende, das dem Schwanze des Amphioxus entspricht, ist gewöhnlich festgewachsen, oft mittelst förmlicher Wurzeln. Bauchseite und Rückenseite sind innerlich sehr verschieden, äusserlich aber oft nicht zu unterscheiden. Wenn wir nun den dicken Mantel öffnen, um uns die innere Organisation zu betrachten, so finden wir zunächst eine sehr geräumige, mit Wasser erfüllte Höhle: Die Kiemenhöhle oder Athemhöhle. (Fig. 153 *cl*; Taf. XI, Fig. 14 *cl*). Sie wird auch Mantelhöhle oder Kloaken-Höhle genannt, weil sie ausser dem Athemwasser auch noch die Excremente und die Geschlechtsproducte aufnimmt. Den grössten Theil der Athemhöhle füllt der ansehnliche gegitterte Kiemensack aus (*br*). Derselbe ist nach seiner ganzen

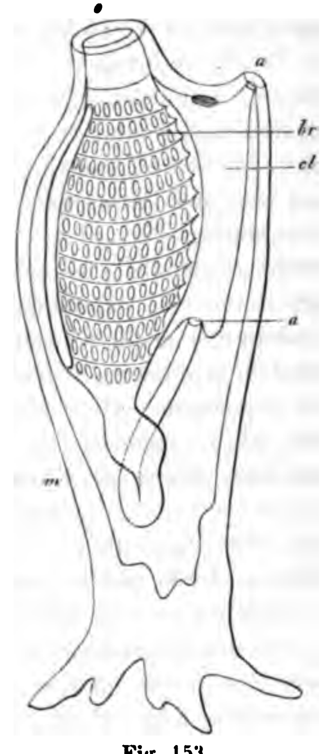


Fig. 153.

Fig. 153. Organisation einer Ascidie (Ansicht von der linken Seite wie auf Taf. XI, Fig. 14); die Rückenseite ist nach rechts, die Bauchseite nach links gekehrt, die Mundöffnung (*o*) nach oben; am entgegengesetzten Schwanzende ist die Ascidie unten festgewachsen. Der Kiemendarm (*br*), der von vielen Spalten durchbrochen ist, setzt sich unten in den Magendarm fort. Der Enddarm öffnet sich durch den After (*a*) in die Kiemenhöhle (*cl*), aus der die Excremente mit dem Athemwasser durch das Kiemenloch oder die Cloakenmündung (*a'*) entfernt werden. *m* Mantel. (Nach GEGENBAUR.)

Lage und Zusammensetzung dem Kiemenkorbe des Amphioxus so ähnlich, dass schon vor vielen Jahren, ehe man etwas von der wahren Verwandtschaft beider Thiere wusste, diese auffallende Aehnlichkeit vom englichen Naturforscher GOODSIR hervorgehoben wurde. In der That führt uns auch bei der Ascidie die Mundöffnung (*o*) zunächst in diesen Kiemensack hinein. Das Athemwasser tritt durch die Spalten des gegitterten Kiemensackes in die Kiemenhöhle und wird aus dieser durch das Athemloch oder die Auswurfs-Oeffnung entfernt (a_1). Längs der Bauchseite des Kiemensackes verläuft eine flimmernde Rinne, dieselbe »Hypobranchial-Rinne«, die wir vorher auch beim Amphioxus an der gleichen Stelle gefunden haben (Taf. XI, Fig. 14 *y*, 15 *y*). Die Nahrung der Ascidie besteht ebenfalls aus kleinen Organismen: Infusorien, Diatomeen, Bestandtheilen von zersetzten Seepflanzen und Seethieren u. s. w. Diese gelangen mit dem Athmungswasser in den Kiemenkorb, und am Ende desselben in den verdauenden Theil des Darmcanals, zunächst in eine den Magen darstellende Erweiterung (Fig. 14 *mg*). Der sich daran schliessende Dünndarm macht gewöhnlich eine Schlinge, biegt sich nach vorn um und öffnet sich durch eine Afteröffnung (Fig. 153 *a*) nicht direct nach aussen, sondern erst in die Kiemenhöhle: aus dieser werden die Excremente mit dem geathmeten Wasser und mit den Geschlechtsproducten durch die gemeinsame Auswurfsöffnung entfernt (a_1). Die letztere wird bald als Kiemenloch oder Athemloch (*Porus branchialis*), bald als Egestionsöffnung oder Kloakenmündung bezeichnet (Taf. XI, Fig. 14 *q*). Bei vielen Ascidien mündet in den Darm eine drüsige Masse, welche die Leber darstellt (Fig. 14 *lb*). Bei einigen findet sich neben der Leber noch eine andere Drüse, welche man für die Niere hält (Fig. 14 *u*). Die eigentliche Leibeshöhle oder das Coelom, welche mit Blut erfüllt ist und den Magendarm umschliesst, ist bei der Ascidie sehr eng, wie beim Amphioxus, und ist auch hier gewöhnlich mit der weiten, wassererfüllten Kiemenhöhle verwechselt worden.

Von einer Chorda dorsalis, einem inneren Axen-Skelet, ist bei der ausgebildeten Ascidie keine Spur vorhanden. Um so interessanter ist es, dass das junge Thier, welches aus dem Ei ausschlüpft, eine Chorda besitzt (Taf. X, Fig. 5 *ch*) und dass über dieser ein rudimentäres Markrohr liegt (Fig. 5 *m*). Das letztere ist bei der ausgebildeten Ascidie ganz zusammengeschrumpft und stellt einen kleinen Nervenknoten dar, welcher vorn oben über dem Kiemenkorbe liegt (Fig. 14 *m*). Er entspricht dem sogenannten »oberen Schlundknoten« oder dem »Gehirn« anderer Würmer. Besondere Sinnesorgane fehlen

entweder ganz oder sind nur in höchst einfacher Form vorhanden, als einfache Augenflecke und Tastwarzen, welche die Mundöffnung umgeben (Fig. 14 *au* Augen). Das Muskelsystem ist sehr schwach und unregelmässig entwickelt. Unmittelbar unter der dünnen Lederhaut und mit ihr innig verbunden findet sich ein dünner Hautmuskelschlauch, wie bei niederen Würmern. Hingegen besitzt die Ascidie ein centralisirtes Herz, und sie erscheint in diesem Punkte höher organisirt als der Amphioxus. Auf der Bauchseite des Darmes, ziemlich weit hinter dem Kiemenkorbe, liegt ein spindelförmiges Herz (Fig. 14 *hz*). Dasselbe besitzt bleibend dieselbe einfache Schlauchform, welche die erste Anlage des Herzens bei den Wirbelthieren vorübergehend darstellt (vergl. das Herz des menschlichen Embryo, Fig. 144 *c*. S. 314). Dieses einfache Herz der Ascidie zeigt uns aber eine wunderbare Eigenthümlichkeit. Es zieht sich nämlich in wechselnder Richtung zusammen. Während sonst bei allen Thieren die Pulsation des Herzens beständig in einer bestimmten Richtung geschieht (und zwar meistens in der Richtung von hinten nach vorn), wechselt dieselbe bei der Ascidie in entgegengesetzter Richtung ab. Erst zieht sich das Herz in der Richtung von hinten nach vorn zusammen, steht dann nach einer Minute still, und beginnt die entgegengesetzte Pulsation, indem es jetzt das Blut von vorn nach hinten austreibt; die beiden grossen Gefässe, welche von den beiden Enden des Herzens ausgehen, sind also abwechselnd als Arterie und als Vene thätig. Das ist eine Eigenthümlichkeit, welche bloss den Tunicaten zukommt.

Von den übrigen wichtigen Organen sind noch die Geschlechtsorgane zu erwähnen, welche ganz hinten in der Leibeshöhle liegen. Die Ascidien sind sämmtlich Zwitter. Jedes Individuum besitzt eine männliche und eine weibliche Drüse, und ist also im Stande, sich selbst zu befruchten. Die reifen Eier (Fig. 154 *o'*) fallen direct aus dem Eierstock (*o*) in die Kiemenhöhle. Das männliche Sperma hingegen wird aus dem Hoden (*t*) durch einen besonderen Samenleiter (*vd*) in dieselbe Höhle übergeführt. Hier geschieht die Befruchtung, und hier findet man bei vielen Ascidien schon entwickelte Embryonen (Taf. XI, Fig. 14 *z*). Letztere werden dann mit dem Athemwasser durch die Cloakenmündung (*q*) entleert, also »lebendig geboren«.

Viele Ascidien, namentlich von den kleineren Arten, vermehren sich nicht nur durch geschlechtliche Fortpflanzung, sondern auch auf ungeschlechtlichem Wege durch Knospenbildung. Indem zahlreiche solche durch Knospung entstandene Einzelthiere oder Personen zeit-

lebens in enger Verbindung vereinigt bleiben, bilden sie umfangreiche Stöcke oder Cormen, ähnlich den bekannten Korallenstöcken. Unter diesen stockbildenden oder zusammengesetzten Ascidien sind besonders diejenigen Gattungen interessant, bei denen der Stock aus vielen sternförmigen Personen-Gruppen zierlich zusammengesetzt erscheint. Jede sternförmige Gruppe besteht aus einer geringeren oder grösseren Anzahl von Personen, von denen zwar jede einzelne ihre selbstständige Organisation und eine besondere Mundöffnung besitzt. Alle Personen zusammen haben aber nur eine einzige gemeinsame Cloakenöffnung, welche sich im Mittelpunkte der sternförmigen Gruppe befindet. Diese sternförmigen Synascidien-Stöcke (*Botryllus*, *Polyclinum* etc.) erläutern vortrefflich die Phylogenie eines der merkwürdigsten Thierstämme, der Sternthiere oder Echinodermen. Die Stammformen dieser letzteren sind die Seesterne oder Asteriden, ebenfalls Stöcke von sternförmig verbunden Würmern mit einer gemeinsamen centralen Darmöffnung.[118]

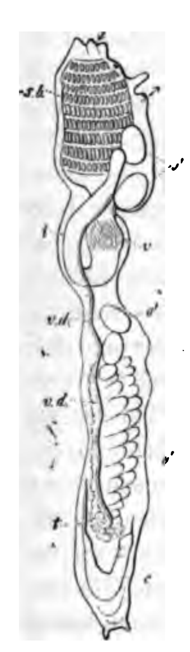


Fig. 154.

Wenn Sie jetzt nochmals auf die gesammte Organisation der einfachen Ascidien (namentlich *Phallusia*, *Cynthia* etc.) einen Rückblick werfen und sie mit derjenigen des Amphioxus vergleichen, so werden Sie finden, dass Beide nur wenige Berührungspunkte darbieten. Allerdings ist die entwickelte Ascidie in einigen sehr wichtigen Beziehungen ihres inneren Baues, und vor allen in der eigenthümlichen Beschaffenheit des Kiemenkorbes und Darmes, dem Amphioxus ähnlich. Aber in den meisten übrigen Organisations-Verhältnissen erscheint sie doch so weit entfernt und in der äusseren Erscheinung ihm so unähnlich, dass erst durch die Erkenntniss ihrer Keimesgeschichte die ganz nahe Verwandtschaft beider Thierformen offenbar werden konnte. Wir werden nun zunächst die individuelle Entwickelung der beiden Thiere vergleichend betrachten, und dabei zu unserer grossen Ueberraschung finden, dass aus dem Ei des Amphioxus dieselbe embryonale Thierform sich entwickelt, wie aus dem Ei der Ascidie.

Fig. 154. Organisation einer Ascidie (wie Fig. 153 und wie Fig. 14, Taf. XI, von der linken Seite betrachtet). *sb* Kiemensack. *v* Magen. *i* Enddarm. *c* Herz. *t* Hoden. *vd* Samenleiter. *o* Eierstock. *o'* Reife Eier in der Kiemenhöhle. Die beiden kleinen Pfeile deuten den Eintritt und Austritt des Wassers durch die beiden Oeffnungen des Mantels an. (Nach Milne-Edwards.)

Erklärung von Tafel X und XI.

Taf. X. Keimesgeschichte der Ascidie und des Amphioxus.
(Grösstentheils nach KOWALEVSKY).

Fig. 1—6. **Keimesgeschichte der Ascidie.**

Fig. 1. Stammzelle (Cytula) einer Ascidie. In dem hellen Protoplasma der Stammzelle liegt excentrisch ein heller kugeliger Kern und darin ein dunkleres Kernkörperchen.

Fig. 2. Ein Ascidien-Ei in der Furchung. Die Stammzelle ist durch wiederholte Zweitheilung in vier gleiche Zellen zerfallen.

Fig. 3. Keimhautblase der Ascidie (*Blastula*). Die aus der Eifurchung entstandenen Zellen bilden eine kugelige, mit Flüssigkeit gefüllte Blase, deren Wand aus einer einzigen Zellenschicht besteht. (Vergl. Fig. 22, *F. G*).

Fig. 4. Gastrula der Ascidie, aus der Keimhautblase (Fig. 3) durch Einstülpung entstanden. Die Wand des Urdarms (*d*), der sich bei *o* durch den Urmund öffnet, besteht aus zwei Zellenschichten: dem inneren Darmblatte (aus grösseren) und dem äusseren Hautblatte (aus kleineren Zellen gebildet).

Fig. 5. Freischwimmende Larve der Ascidie. Zwischen Markrohr (*m*) und Darmrohr (*d*) schiebt sich die Chorda (*ch*) ein, welche durch den ganzen langen Ruderschwanz bis zur Spitze geht.

Fig. 6. Querschnitt durch die Larve der Ascidie (Fig. 5), durch den hinteren Theil des Rumpfes, vor dem Abgang des Schwanzes. Der Querschnitt ist ganz derselbe wie bei der Amphioxus-Larve (Fig. 11, 12). Zwischen Markrohr (*m*) und Darmrohr (*d*) liegt die Chorda (*ch*), beiderseits die lateralen Rumpfmuskeln (*r*).

Fig. 7—13. **Keimesgeschichte des Amphioxus.**

Fig. 7. Stammzelle (Cytula) des Amphioxus (vergl. Fig. 1).

Fig. 8. Ein Amphioxus-Ei in der Furchung (vergl. Fig. 2).

Fig. 9. Keimhautblase des Amphioxus (vergl. Fig. 3).

Fig. 10. Gastrula des Amphioxus (vergl. Fig. 4).

Fig. 11. Junge Larve des Amphioxus. Zwischen Markrohr (*m*) und Darmrohr (*d*) liegt die Chorda (*ch*). Das Markrohr besitzt am vorderen Körperende eine Oeffnung (*ma*).

Fig. 12. Aeltere Larve des Amphioxus. Beiderseits des Markrohres (*m*) und der Chorda (*ch*) ist eine Längsreihe von Muskelplatten (*mp*) sichtbar; dadurch werden die Urwirbel oder Metameren bezeichnet. Vorn ist ein Sinnesorgan entstanden (*ss*). Die Wand des Darmrohres (*d*) ist unten auf der Bauchseite (*du*) viel dicker als oben auf der Rückenseite (*do*). Die vordere Abtheilung des Darmcanals erweitert sich zum Kiemenkorb.

Fig. 13. Querschnitt durch den entwickelten Amphioxus (Fig. 15), etwas hinter der Körpermitte. Ueber dem Darmrohr (*d*) ist das Rückengefäss oder die Körperarterie (*t*), unter demselben das Bauchgefäss oder die Darmvene sichtbar (*v*). An der Innenwand der Kiemenhöhle (*c*) liegen die Eierstöcke (*e*), nach aussen davon die Seitencanäle (*u*). Die Rückenmuskeln (*r*) sind durch Zwischenmuskelbänder (*mb*) in mehrere Stücke zerlegt. *f* Rückenflosse.

Taf. XI. Körperbau der Ascidie, des Amphioxus und der Larve von Petromyzon.

Zur Vergleichung sind alle drei Thiere in derselben Lage und in derselben Grösse nebeneinander gestellt; Ansicht von der linken Seite. Das Kopfende ist nach oben, das Schwanzende nach unten gekehrt; die Rückenseite nach rechts, die Bauchseite nach links. Die Hautbedeckung ist auf der linken Seite des Körpers weggenommen, um die innere Organisation in der natürlichen Lage der Organe zu zeigen.

Fig. 14. Eine einfache Ascidie (*Monascidia*), 6 mal vergrössert.

Fig. 15. Ein entwickelter Amphioxus (4mal vergrössert).

Der deutlicheren Anschauung halber ist der Amphioxus in Fig. 15 um das Doppelte zu breit gezeichnet. In Wirklichkeit beträgt seine Breite bei der hier genommenen Länge nur die Hälfte.

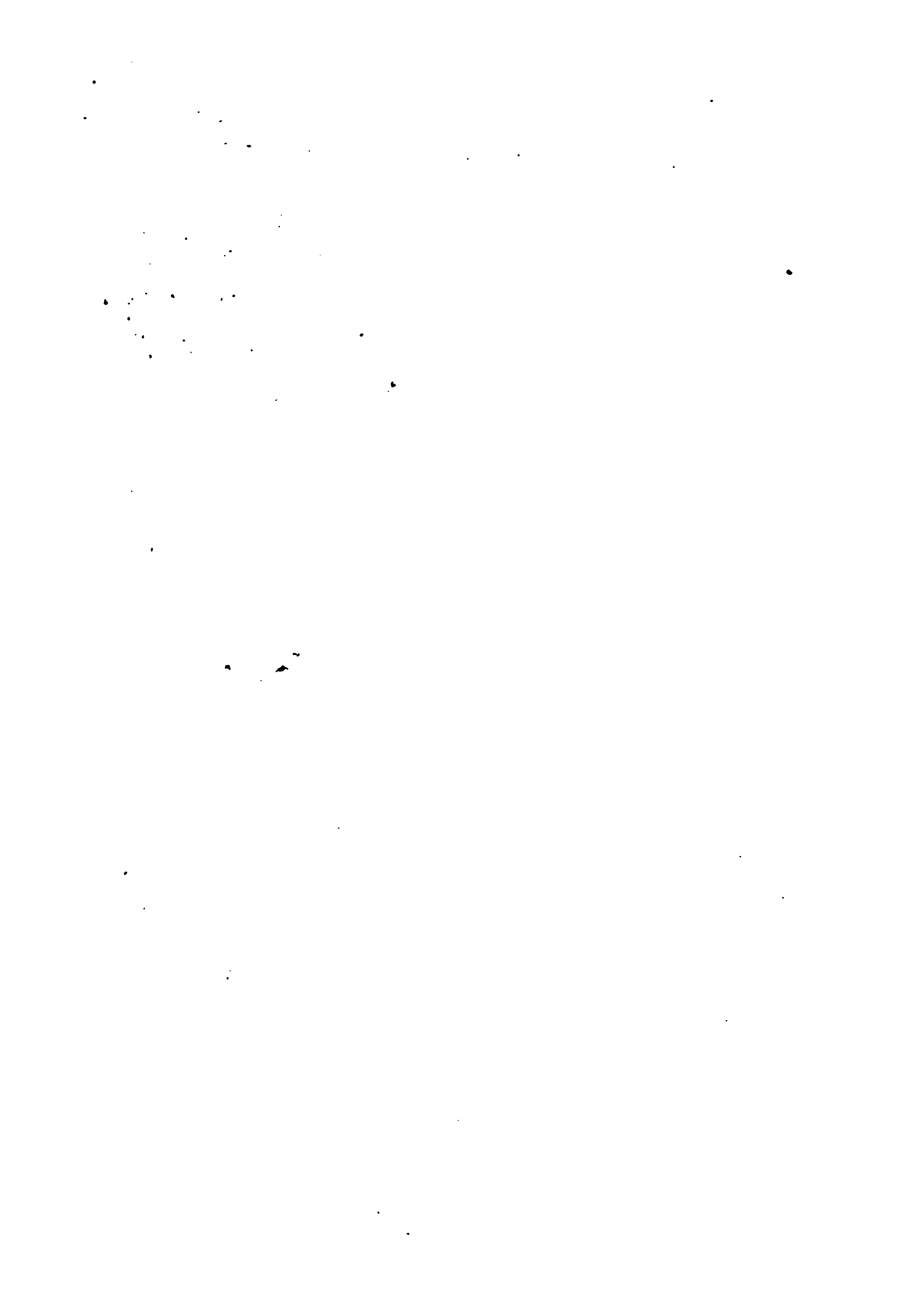
Fig. 16. Eine junge Prickenlarve (*Petromyzon Planeri*), elf Tage nach dem Auskriechen aus dem Ei, 45mal vergrössert. (Nach MAX SCHULTZE). Die Larve des Petromyzon, welche später eine besondere Verwandlung besteht, ist früher als besondere Gattung unter dem Namen *Ammocoetes* unterschieden.

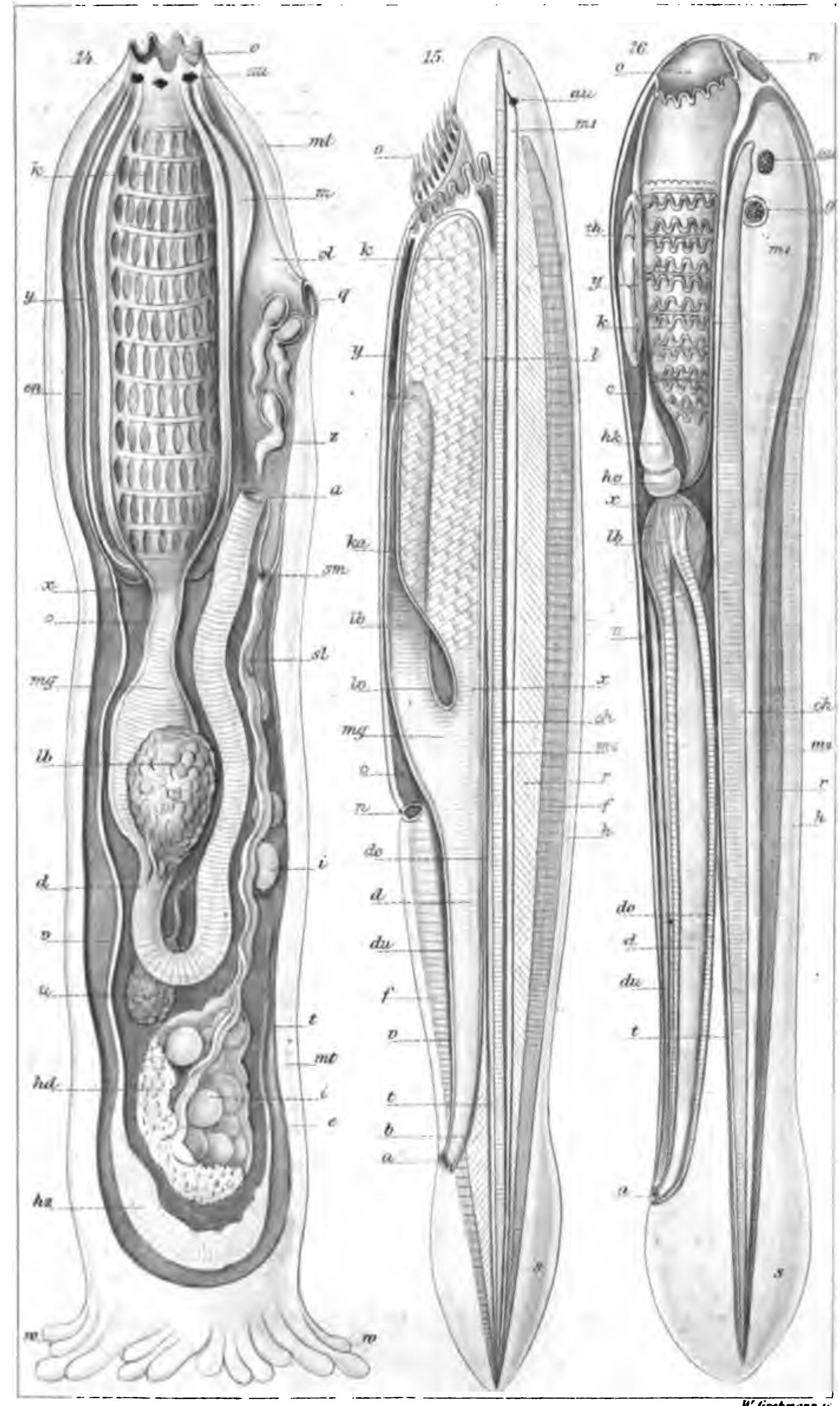
Die Bedeutung der Buchstaben ist in allen Figuren dieselbe.

Alphabetisches Verzeichniss

über die Bedeutung der Buchstaben auf Taf. X und XI.

a Afteröffnung.
au Auge.
b Bauchmuskeln.
c Kiemenhöhle.
ch Chorda (Axenstab).
cl Cloakenhöhle.
cs Chordascheide.
d Darmrohr.
do Rückenwand des Darmes.
du Bauchwand des Darmes.
e Eierstock.
en Endostyl.
f Flossensaum.
g Gehörbläschen.
h Hornplatte.
hd Hoden.
hk Herzkammer.
hv Herzvorkammer.
hz Herz.
i Eier.
k Kiemen.
ka Kiemenarterie.
l Lederplatte.
lb Leber.
lb' Vorderes Ende derselben.
lv Lebervene.
m Markrohr.
m_1 Hirnblase.
m_2 Rückenmark.
ma Vordere Oeffnung des Markrohres.
mb Muskelbänder.
mg Magen.
mh Mundhöhle.
mp Muskelplatte.
mt Mantel.
n Nase (Geruchsgrube).
o Mundöffnung.
p Bauch-Porus.
q Cloakenöffnung.
r Rückenmuskeln.
s Schwanzflosse.
sl Samenleiter.
sm Mündung des Samenleiters.
ss Sinnesorgan.
t Aorta (Rückengefäss).
th Thyreoidea (Schilddrüse).
u Seitencanal.
v Darmvene (Bauchgefäss).
w Wurzelfasern der Ascidie.
x Grenze zwischen Kiemendarm und Magendarm.
y Flimmerrinne.
z Embryonen der Ascidie.





W. Grohmann sc.



Vierzehnter Vortrag.

Die Keimesgeschichte des Amphioxus und der Ascidie.

»Der Amphioxus bleibt in der Bildung der wichtigsten Organe zeitlebens auf derselben niedrigen Stufe der Ausbildung stehen, welche alle übrigen Wirbelthiere während der frühesten Zeit ihres Embryolebens rasch durchlaufen. Wir müssen daher den Amphioxus mit besonderer Ehrfurcht als dasjenige ehrwürdige Thier betrachten, welches unter allen noch lebenden Thieren allein im Stande ist, uns eine annähernde Vorstellung von unseren ältesten silurischen Wirbelthier-Ahnen zu geben. Letztere aber stammen von Würmern ab, welche in den heute noch lebenden Ascidien ihre nächsten Blutsverwandten besitzen.«

Der Stammbaum des Menschengeschlechts (1868).

Inhalt des vierzehnten Vortrages.

Stammverwandtschaft der Wirbelthiere und der Wirbellosen. Befruchtung des Amphioxus. Das befruchtete Ei erleidet totale Furchung und verwandelt sich in eine kugelige Keimhautblase. Aus dieser entsteht durch Einstülpung die Darmlarve oder Gastrula. Die Gastrula des Amphioxus bildet aus einer Rückenfurche ein Markrohr und zwischen diesem und dem Darmrohr eine Chorda; beiderseits der Chorda eine Reihe von Muskelplatten: Metameren. Schicksale der vier secundären Keimblätter. Der Darmcanal zerfällt in einen vorderen Kiemendarm und einen hinteren Magendarm. Aus dem Darmfaserblatt entstehen Blutgefässe und Darmmuskelwand. Aus der Seitenwand des Körpers wachsen ein paar Hautfalten (Kiemendeckel) hervor und bilden durch Verwachsung auf der Bauchseite die weite Kiemenhöhle. Die Ontogenese der Ascidie ist anfangs mit der des Amphioxus identisch. Es entsteht dieselbe Gastrula, welche zwischen Markrohr und Darmrohr eine Chorda bildet. Rückschreitende Entwicklung derselben. Der Schwanz mit der Chorda wird abgestossen. Die Ascidie setzt sich fest und umhüllt sich mit dem Cellulose-Mantel. Appendicularia, ein Mantelthier, welches zeitlebens auf der Stufe der Ascidien-Larve stehen bleibt und Ruderschwanz nebst Chorda beibehält (Chordonie). Allgemeine Vergleichung und Bedeutung des Amphioxus und der Ascidie.

XIV.

Meine Herren!

Die Eigenthümlichkeiten des Körperbaues, durch welche sich die Wirbelthiere von den Wirbellosen unterscheiden, sind so hervortretend, dass die Verwandtschaft dieser beiden Hauptgruppen des Thierreiches in früheren Zeiten der Systematik die grössten Schwierigkeiten bereitete. Als man der Abstammungslehre entsprechend die Verwandtschaft der verschiedenen Thiergruppen in mehr als bildlichem Sinne, in wirklich genealogischem Sinne zu betrachten begann, trat auch diese Frage alsbald in den Vordergrund, und schien eines der grössten Hindernisse für die Durchführung der Descendenz-Theorie zu bereiten. Schon früher, als man ohne den Grundgedanken des wahren genealogischen Zusammenhanges die Verwandtschaftsverhältnisse der grossen Hauptgruppen des Thierreiches, der sogenannten »Typen« von BAER und CUVIER, untersuchte, hatte man hie und da bei verschiedenen Wirbellosen Anknüpfungspunkte für die Wirbelthiere zu finden geglaubt; einzelne Würmer namentlich schienen im Körperbau den Wirbelthieren sich zu nähern, so z. B. der im Meere lebende Pfeilwurm (Sagitta). Allein bei tieferem Eingehen zeigten sich die versuchten Vergleiche unhaltbar. Nachdem DARWIN durch seine Reform der Descendenz-Theorie den Anstoss zu einer wahren Stammesgeschichte des Thierreiches gegeben hatte, schien gerade die Lösung dieser Frage besonders schwierig. Als ich selbst in meiner generellen Morphologie (1866) den ersten Versuch unternahm, die Descendenz-Theorie speciell durchzuführen und auf das natürliche System anzuwenden, hat kein specielles Problem mir solche Bedenken verursacht, als die Anknüpfung der Wirbelthiere an die Wirbellosen.

Gerade zu dieser Zeit aber wurde ganz unverhoffter Weise die wahre Anknüpfung entdeckt, und zwar an einem Punkte, wo man sie am wenigsten erwartete. Gegen das Ende des Jahres 1866 erschienen in den Abhandlungen der Petersburger Akademie zwei Ar-

beiten des russischen Zoologen KOWALEVSKY, der längere Zeit in Neapel verweilt und sich mit der Entwickelungsgeschichte niederer Thiere beschäftigt hatte. Ein glücklicher Zufall hatte KOWALEVSKY fast gleichzeitig auf die Entwickelungsgeschichte des niedersten Wirbelthieres, des Amphioxus, und auf diejenige eines wirbellosen Thieres geführt, dessen unmittelbare Verwandtschaft mit dem Amphioxus man am wenigsten vermuthet hatte, nämlich der Ascidie. Zur grössten Ueberraschung von DARWIN selbst, und von allen Zoologen, die sich für jenen wichtigen Gegenstand interessirten, ergab sich von Anbeginn der individuellen Entwickelung an die grösste Uebereinstimmung in der Bildungsweise zwischen diesen beiden ganz verschiedenen Thieren, zwischen jenem niedersten Wirbelthiere einerseits, und diesem missgestalteten, am Meeresgrunde festgewachsenen Wirbellosen anderseits. Mit dieser unleugbaren Uebereinstimmung der Ontogenese, welche bis zu einem überraschenden Grade nachzuweisen ist, war natürlich nach dem biogenetischen Grundgesetze unmittelbar auch die längst gesuchte genealogische Anknüpfung gefunden, und die wirbellose Thiergruppe bestimmt erkannt, welche zu den Wirbelthieren die nächste Blutsverwandtschaft besitzt. Es kann kein Zweifel mehr sein, besonders seitdem KUPFFER und mehrere andere Zoologen diese Untersuchungen bestätigt und fortgeführt haben, dass unter allen Klassen der wirbellosen Thiere diejenige der Mantelthiere, und unter diesen die Ascidien die nächsten Blutsverwandten der Wirbelthiere sind. Man kann nicht sagen: die Wirbelthiere stammen von den Ascidien ab: wohl aber darf man sicher behaupten: unter allen wirbellosen Thieren sind die Tunicaten, und unter diesen wieder die Ascidien, diejenigen, welche der uralten Stammform der Wirbelthiere am nächsten blutsverwandt sind. Als gemeinsame Stammform beider Gruppen muss eine ausgestorbene Gattung aus dem gestaltenreichen Würmerstamme angenommen werden.

Um nun dieses ausserordentlich wichtige Verhältniss genügend zu würdigen und besonders für den von uns gesuchten Stammbaum der Wirbelthiere die sichere Basis zu gewinnen, ist es unerlässlich, die Keimesgeschichte jener beiden merkwürdigen Thierformen eingehend zu betrachten und die individuelle Entwickelung des Amphioxus mit derjenigen der Ascidie Schritt für Schritt zu vergleichen. (Vergl. Taf. X und S. 349). Wir beginnen mit der Ontogenie des Amphioxus (Taf. X, Fig. 7—12). KOWALEVSKY verweilte bereits mehrere Monate in Neapel mit der bestimmten Absicht, die völlig unbekannte Keimesgeschichte des Amphioxus zu erforschen, ehe es ihm

gelang, befruchtete Eier in den ersten Stadien der Entwickelung zu beobachten. Erst im Monat Mai, in warmen Abendstunden, und zwar zwischen sieben und acht Uhr, wie KOWALEVSKY berichtet, beginnen die Lanzetthierchen ihre Geschlechtsproducte zu entleeren.[119] Um diese Zeit bemerkte er, dass zuerst die männlichen Thierchen eine weissliche Flüssigkeit entleerten, das Sperma, und dass etwas später die Weibchen, veranlasst durch den Reiz des Sperma, ihre Eier ebenfalls in das Wasser absetzten.

Nach anderen Beobachtern hingegen soll die Entleerung der Geschlechtsproducte durch das Kiemenloch erfolgen. Die Eier sind einfache rundliche Zellen. Sie haben nur $\frac{1}{10}$ Millimeter Durchmesser, sind also halb so gross als die Säugethier-Eier und bieten durchaus nichts Besonderes dar (Taf. X, Fig. 7). Auch die beweglichen Elemente des männlichen Samens, die stecknadelförmigen »Samenthierchen« oder Spermazellen gleichen denen der meisten anderen Thiere. (Vergl. Fig. 17, S. 141.) Die Befruchtung erfolgt dadurch, dass diese beweglichen Geisselzellen des Sperma sich dem Eie nähern und mit ihrem Kopftheil, das heisst mit dem verdickten Zellentheile, welcher den Zellkern umschliesst, in die Dottermasse oder in die Zellsubstanz des Eies einbohren.

Entweder schon vor der Befruchtung, oder unmittelbar nach derselben verliert die Eizelle ihren ursprünglichen Kern, das »Keimbläschen«, und erscheint nun vorübergehend als kernlose Cytode, als Monerula (Vergl. Fig. 19, S. 146). Alsbald aber entsteht in dem befruchteten Dotter ein neuer Kern, der »Stammkern«, und die Monerula verwandelt sich so in die Stammzelle (Cytula; Fig. 21, S. 148). Diese unterliegt nun einer regelmässigen totalen Furchung, wie wir sie früher bei der Koralle *Monoxenia* ausführlich geschildert haben (Vergl. Fig. 22, S. 156). Indem die Stammzelle durch wiederholte Zweitheilung in 2, 4, 8, 16, 32, 64 Zellen u. s. w. zerfällt, entsteht der kugelige, brombeerförmige oder maulbeerförmige Körper, den wir früher als »Maulbeerkeim« (*Morula*) bezeichnet haben (Fig. 22 *E*). Im Inneren dieser kugeligen, aus lauter gleichartigen Furchungszellen zusammengesetzten Masse sammelt sich Flüssigkeit an, und so entsteht eine kugelige Blase, deren Wand aus einer einzigen Zellenschicht zusammengesetzt ist (Taf. X, Fig. 9). Wir bezeichneten diese Blase als Keimhautblase (*Blastula*). Den Inhalt derselben bildet eine klare Flüssigkeit; die Wand, die nur aus einer einzigen Zellenschicht besteht, ist die Keimhaut oder das *Blastoderma* (Fig. 22 *F*, *G*).

Diese Processe gehen beim Amphioxus so rasch vor sich, dass bereits vier bis fünf Stunden nach erfolgter Befruchtung, also um Mitternacht, die kugelige Keimhautblase fertig ist. Nun entsteht an einer Stelle derselben eine grubenartige Vertiefung, durch welche die Blasenkugel in sich selbst eingestülpt wird (Fig. 22 *H*, S. 156). Diese Grube wird immer tiefer, während die kugelige Gestalt der Keimblase in die länglich-runde oder ellipsoide übergeht (Fig. 155). Schliesslich wird die Einstülpung vollständig, so dass der innere eingestülpte Theil der Blasenwand sich an den äusseren, nicht eingestülpten Theil inwendig anlegt. Auf diese Weise entsteht ein fast halbkugeliger hohler Körper, dessen dünne Wand aus zwei Zellenschichten zusammengesetzt ist. Die halbkuglige Gestalt desselben geht bald wieder in eine fast kugelige oder eiförmige über, indem die innere Höhle sich bedeutend erweitert, ihre Mündung dagegen verengt (Taf. X, Fig. 10). Die Form, welche der Embryo des Amphioxus jetzt auf diese Weise erlangt hat, ist eine echte »Darmlarve oder *Gastrula*«, und zwar jene ursprüngliche und einfachste Form derselben, welche wir früher als »Glocken-Gastrula oder Archigastrula« unterschieden haben (S. 156, Fig. 22 *J*, *K*).

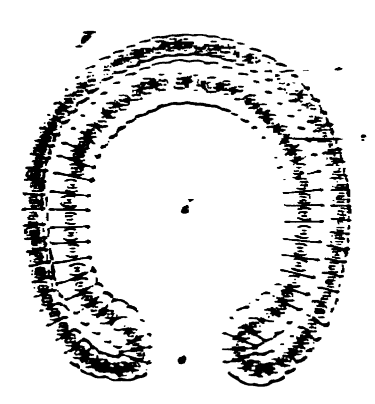


Fig. 155.

Wie bei allen jenen niederen Thieren, die eine solche primordiale Archigastrula bilden, ist auch beim Amphioxus der einaxige Körper derselben weiter Nichts, als ein einfacher Darmschlauch: die innere Höhle desselben ist der Urdarm (*Protogaster*, Fig. 155 *d*, 156 *g*); seine einfache Oeffnung der Urmund (*Protostoma*, *o*). Die Wand ist Darmwand und Leibeswand zugleich. Sie wird aus zwei einfachen Zellenschichten zusammengesetzt, und das sind die beiden wohlbekannten primären Keimblätter. Die innere Zellenschicht oder der eingestülpte Theil der Keimhautblase, welcher die Darmhöhle unmittelbar umgiebt, ist das Entoderm, das innere oder vegetative Keimblatt, aus welchem sich die Wandung des Darmcanals und

---

Fig. 155. Gastrula des Amphioxus, im Längsschnitt. *d* Urdarm. *o* Urmund. *i* Darmblatt oder Entoderm. *e* Hautblatt oder Exoderm.

aller seiner Anhänge entwickelt (Fig. 155, 156 *i*). Die äussere Zellenschicht oder der nicht eingestülpte Theil der Keimhautblase ist das **Exoderm**, das äussere oder **animale Keimblatt**, welches die Grundlage der Leibeswand, der Haut, des Fleisches, des Central-Nervensystems u. s. w. liefert (*e*). Die Zellen der inneren Schicht oder des Entoderms sind bedeutend grösser, trüber, dunkler und fettreicher, als diejenigen der äusseren Schicht oder des Exoderms, welche klarer, heller und weniger reich an Fetttropfen sind. Es tritt also bereits während der Einstülpung eine Sonderung oder Differenzirung der inneren eingestülpten und der äusseren nicht eingestülpten Zellenschicht auf. Die Zellen der äusseren Schicht bedecken sich bald mit Flimmerhärchen; aus ihrem Protoplasma wachsen nämlich kurze, fadenförmige Anhänge hervor, welche ununterbrochen schwingende Bewegungen ausführen. Durch die Schwingungen dieser zarten Flimmerhaare wird die Gastrula des Amphioxus, nachdem sie die dünne Eihülle durchbrochen hat, schwimmend im Meere umhergetrieben, gleich der Gastrula so vieler anderer niederen Thiere (Fig. 156).

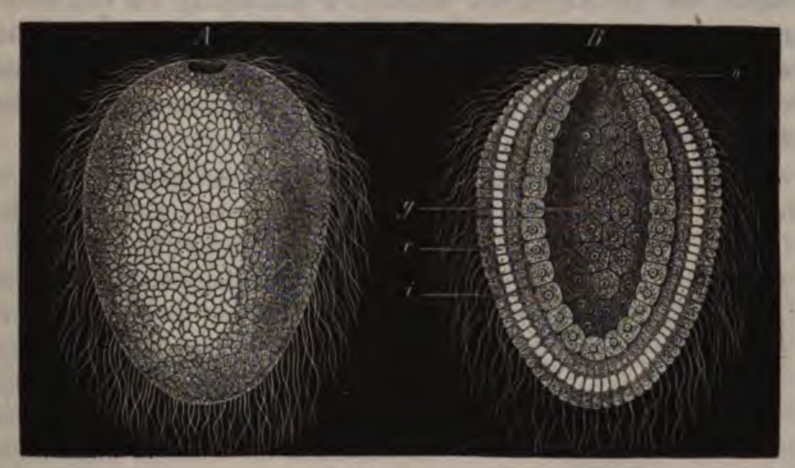


Fig. 156.

Im Verlaufe der weiteren Entwickelung streckt sich nun die rundliche Glocken-Gastrula des Amphioxus mehr in die Länge, und beginnt zugleich auf einer Seite sich etwas abzuflachen, parallel der

Fig. 156. **Gastrula eines Kalkschwammes** (Olynthus). *A* von aussen, *B* im Längsschnitt durch die Axe. *g* Urdarm. *o* Urmund. *i* Darmblatt oder Entoderm. *e* Hautblatt oder Exoderm.

Längsaxe. Die abgeflachte Seite ist die spätere Rückenseite: die entgegengesetzte Bauchseite bleibt rund gewölbt. In der Mitte der Rückenfläche entsteht eine seichte Längsfurche oder Rinne (Fig. 157), und beiderseits dieser Rinne erheben sich die Ränder des Körpers in Form zweier paralleler Leisten oder Längswülste. Sie werden jetzt schon errathen, dass jene Rinne die Primitivrinne oder Rückenfurche ist, und dass diese Wülste nichts anderes sind, als die Rückenwülste oder Markwülste, welche die erste Anlage des Central-Nervensystems, des Markrohres, bilden. Die beiden Markwülste werden höher und höher: die Primitivrinne wird immer tiefer. Die Ränder der beiden parallelen Wülste wölben sich gegen einander, verwachsen schliesslich mit ihren Rändern, und das Markrohr oder Medullarrohr ist fertig (Taf. X, Fig. 11 *m*). Es erfolgt also an der nackten Rückenfläche der frei schwimmenden Amphioxus-Larve in ganz derselben Weise die Bildung eines Markrohres aus der äusseren Oberhaut, wie wir sie beim Embryo des Menschen und der höheren Wirbelthiere überhaupt innerhalb der Eihüllen wahrgenommen haben. Auch dort wie hier schnürt sich das Nervenrohr schliesslich vollständig von der Hornplatte ab. **Eigenthümlich ist der Umstand, dass das Markrohr an demjenigen Körperende, welches später das vordere oder Mundende des Amphioxus ist, anfänglich offen bleibt und eine äussere Mündung besitzt** (Fig. 11 *ma*).

Schon während die erste Spur der Rückenfurche erscheint, spalten sich die beiden primären Keimblätter der Amphioxus-Larve in die vier secundären Keimblätter (Fig. 157 Querschnitt). Rings um das innere vegetative Blatt des Darmrohres entsteht durch Theilung von dessen Zellen eine zweite äussere Zellenschicht, das Darmfaserblatt (*df*): aus ihr entstehen die Muskeln und Faserhäute der Darmcanals und die Blutgefässe. Die ursprünglich innerste Zellenschicht muss nunmehr als Darmdrüsenblatt bezeichnet werden (*dd*). Ganz entsprechend zerfällt auch das äussere animale Keimblatt

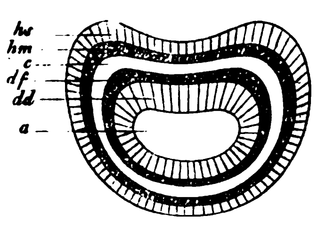


Fig. 157.

Fig. 157. Querschnitt durch die Larve von Amphioxus (nach KOWALEVSKY). *hs* Hautsinnesblatt. *hm* Hautfaserblatt. *c* Coelomspalte (Leibeshöhlen-Anlage.) *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *a* Urdarm (Primitive Darmhöhle.) Oben erscheint die Rückenfurche zwischen beiden Rückenwülsten.

durch Theilung seiner Zellen in zwei Schichten: ein äusseres Hautsinnesblatt (*hs*) und ein inneres Hautfaserblatt (*hm*). Ersteres bildet die Oberhaut und das Markrohr, letzteres die Lederhaut und die Rumpf-Muskulatur. Indem Hautfaserblatt und Darmfaserblatt auseinanderweichen, und indem sich zwischen diesen beiden Faserblättern farblose Flüssigkeit ansammelt, entsteht die Leibeshöhle oder das Coeloma (*c*). Für unsere Keimblätter-Theorie ist es sehr wichtig, dass sich gerade hier beim Amphioxus klar und deutlich der Ursprung des Hautfaserblattes aus dem animalen, und der Ursprung des Darmfaserblattes aus dem vegetativen Keimblatte nachweisen lässt.

Gleich nachdem sich die vier secundären Keimblätter gesondert haben, erscheint in der Mittellinie des Hautfaserblattes, unmittelbar über dem Darmrohr (*d*) und unter dem Nervenrohr (*m*) (also in der Längsaxe des Körpers) ein cylindrischer, vorn und hinten zugespitzter Strang, der aus grossen, hellen, blasenförmigen Zellen zusammengesetzt ist. Das ist die Chorda dorsalis oder der Axenstab (Taf. X, Fig. 11, 12 *ch*). Die seitlichen Theile des Hautfaserblattes, welche beiderseits der Chorda liegen, und die wir auch hier »Seitenblätter oder Seitenplatten« nennen könnten, spalten sich in zwei Schichten, eine dünne Lederhaut und eine darunter liegende Muskelpatte. Letztere zerfällt alsbald in eine Anzahl von gleichartigen, hinter einander gelegenen Abschnitten. Das sind die Seitenrumpf-Muskeln, welche die erste Gliederung oder Metameren-Bildung des Körpers andeuten (Fig. 12 *mp*).

Durch diese Sonderungen hat sich die Gastrula des Amphioxus in einen Wirbelthierkörper von einfachster Anlage verwandelt, mit derjenigen charakteristischen Lagerung der Grundorgane, welche ausschliesslich den Wirbelthieren zukommt. Unmittelbar unter der Haut finden wir auf der Rückenseite das Markrohr, auf der Bauchseite das Darmrohr und in der Mitte zwischen beiden Röhren die feste Axe, die Chorda; beiderseits davon, rechts und links, die regelmässige Reihe der Muskelplatten. Wenn wir die Larve des Amphioxus jetzt von der Seite betrachten (Taf. X, Fig. 11, 12), so zeigt sich folgendes Bild: Oben liegt das Markrohr, das sich vorn noch durch eine Mündung öffnet (*ma*); unmittelbar unter demselben liegt die starke Chorda (*ch*) und unter dieser das viel weitere Darmrohr (*d*). Auch dieses zeigt an einem Ende eine Mündung, den ursprünglichen Gastrula-Mund (*o*). Nun ist es aber sehr merkwürdig und wichtig, dass dieser Urmund nicht die spätere bleibende Mundöffnung des Amphioxus wird. Vielmehr wächst derselbe bald zu. Der spätere bleibende Mund bildet

sich erst secundär, von aussen her, am entgegengesetzten Ende (in der Nähe von *ss* Fig. 12). Hier entsteht in der äusseren Oberhaut eine grubenförmige Vertiefung, welche nach innen in den geschlossenen Darm durchbricht. Ebenso bildet sich hinten (in der Nähe des zugewachsenen Gastrula-Mundes) die After-Oeffnung. Auch beim Menschen und den höheren Wirbelthieren überhaupt entstehen Mund und After, wie Sie sich erinnern, als flache Gruben in der äusseren Haut: und diese brechen ebenfalls nach innen durch, indem sie sich mit den beiden blinden Enden des geschlossenen Darmrohres nachträglich in Verbindung setzen (Vergl. S. 292).

Zwischen dem Darmrohr und dem Nervenrohr finden wir die Chorda dorsalis als einen knorpelartigen, cylindrischen Stab, welcher durch die ganze Länge des Larvenkörpers hindurchgeht. Beiderseits der Chorda liegen die Muskelplatten, welche bereits in eine Anzahl von einzelnen Stücken oder Urwirbel-Segmenten (zehn bis zwanzig auf jeder Seite) zerfallen sind: letztere sind durch einfache schräge parallele Grenzlinien von einander getrennt: beim ausgebildeten Thiere bildet später jede Grenzlinie nach vorn einen spitzen Winkel (Taf. XI, Fig. 15 *r*). Die Zahl der einzelnen Muskelplatten bezeichnet die Zahl der Metameren, aus welchen sich der Körper zusammensetzt. Diese Zahl ist anfangs gering, nimmt dann aber in der Richtung von vorn nach hinten beträchtlich zu. Das beruht auf derselben terminalen Knospenbildung, durch welche auch die Kette der Urwirbel-Segmente beim menschlichen Embryo wächst. Auch hier sind die vordersten Metameren die ältesten und die hintersten sind die jüngsten. Jedem Metamere entspricht zugleich ein bestimmter Abschnitt des Markrohres und ein Paar Rückenmarks-Nerven, die von diesem aus an die Muskeln und an die Haut treten. Das Muskelsystem ist dasjenige Organsystem des Körpers, an welchem sich die Gliederung oder Metamerenbildung zuerst bemerkbar macht[120].

Während diese charakteristischen Sonderungen in den beiden Spaltungslamellen des animalen Keimblattes vor sich gehen, während sich aus dem Hautsinnesblatte das Markrohr und die Oberhaut, aus dem Hautfaserblatte die Chorda und die Muskelplatten differenziren, erfolgen nicht minder wichtige und für den Wirbelthier-Typus bezeichnende Vorgänge im vegetativen Keimblatte. Die innere Spaltungslamelle desselben, das Darmdrüsenblatt, erleidet zwar wenig Veränderungen: sie bildet bloss die innere Zellenauskleidung oder das Epithelium des Darmrohres (*d*). Die äussere Lamelle aber, das Darmfaserblatt, bildet theils die Muskelhülle des Darmes, theils die

Blutgefässe. Wahrscheinlich gleichzeitig entstehen aus diesem Blatte zwei Hauptgefässe: ein oberes oder Rückengefäss, der Aorta entsprechend, zwischen dem Darm und der Chorda dorsalis (Fig. 13 *t*, 15 *t*), und ein unteres oder Bauchgefäss, dem Herzen und der Darmvene entsprechend, am unteren Rande des Darmes, zwischen diesem und der Bauchhaut (Fig. 13 *v*, Fig. 15 *v*). Ferner bilden sich jetzt im vorderen Theile des Darmcanals die Kiemen oder die Athmungs-Organe aus. Der ganze vordere oder respiratorische Abschnitt des Darmes verwandelt sich in einen Kiemenkorb, der gitterartig von zahlreichen Kiemenlöchern durchbrochen wird, wie bei den Ascidien. Dies geschieht dadurch, dass der vorderste Theil der Darmwand mit der äusseren Haut stellenweise verwächst, und dass in diesen Verwachsungsstellen Spalten entstehen, Durchbrüche der Wand, welche von aussen in das Innere des Darmes hineinführen. Anfangs sind nur sehr wenige solche Kiemenspalten vorhanden; bald aber liegen zahlreiche, erst in einer, dann in zwei Reihen hinter einander. Die vorderste Kiemenspalte ist die älteste. Zuletzt findet man jederseits ein Gitterwerk von feinen Kiemenspalten.

Hier müssen wir nun besonders hervorheben, dass anfangs beim Embryo des Amphioxus, wie beim Embryo aller übrigen Wirbelthiere, die Seitenwand des Halses derart von wenigen Spalten durchbrochen wird, dass man unmittelbar durch dieselben von der äusseren Haut aus in den Vorderdarm eingehen kann (Fig. 158 *K*). Das Athemwasser, durch den Mund in den Kiemendarm aufgenommen, tritt unmittelbar durch die Kiemenspalten nach aussen. Während sich nun die Zahl dieser Kiemenspalten rasch und beträchtlich vermehrt, erhebt sich über der obersten Reihe derselben jederseits eine Längsfalte an der Seitenwand des Körpers (Fig. 159 *U*). Die enge Leibeshöhle setzt sich in diese Längsfalten fort (*Lh*). Beide Seitenfalten wachsen nach unten und hängen wie freie Kiemendeckel herab. Dann krümmen sie sich unten mit ihren freien Rändern gegeneinander und verwachsen in der Mittellinie der Bauchseite, in der Bauchnaht oder Raphe (Fig. 160 *R*). Nur das Kiemenloch bleibt offen (Fig. 15 *p*). So entsteht eine geschlossene Kiemenhöhle, welche ganz derjenigen der Fische entspricht, gleichzeitig aber auch mit derjenigen der Ascidien identisch ist. Die Kiemenhöhlen der Ascidien, des Amphioxus, der Fische und der Amphibien-Larven müssen als gleichwerthige oder homologe Theile gelten. Diese weite Kiemenhöhle, mit Wasser erfüllt und frei mit dem umgebenden Wasser communicirend, ist wohl zu unterscheiden von der engen, mit Lymphe erfüllten Leibeshöhle,

die nach aussen ganz abgeschlossen ist. Diese letztere. das Coeloma (Fig. 158—160 *Lh*) ist beim erwachsenen Amphioxus sehr eng, auf

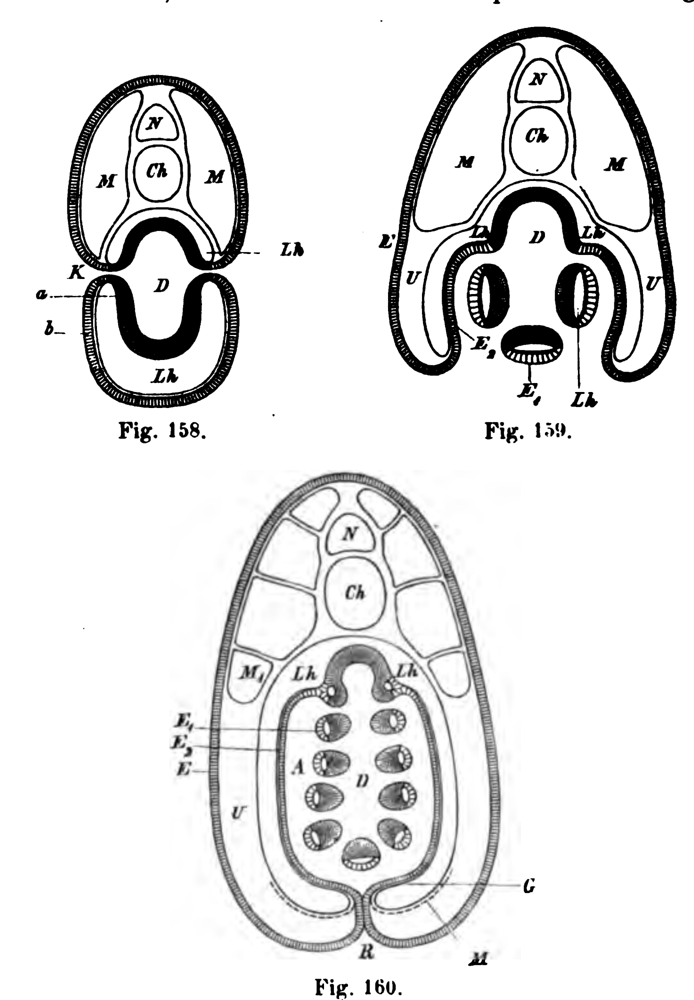


Fig. 158. Fig. 159.

Fig. 160.

Fig. 158—160. Querschnitte durch junge Larven von Amphioxus (schematisch, nach Rolph). (Vergl. auch Fig. 152, S. 340.) In Fig. 158 kann man frei von aussen durch die Kiemenspalten (*K*) in die Darmhöhle (*D*) hineingelangen. In Fig. 159 bilden sich die seitlichen Längsfalten der Leibeswand oder die Kiemendeckel, welche nach unten wachsen. In Fig. 160 sind diese Seitenfalten unten gegen einander gewachsen und mit ihren Rändern in der Mittellinie der Bauchseite verschmolzen (*R*, Naht oder Raphe). Nun tritt das Athemwasser aus der Darmhöhle (*D*) in die Kiemenhöhle (*A*). Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe: *N* Markrohr. *Ch* Chorda. *M* Seitenmuskeln. *Lh* Leibeshöhle. *G* Theil der Leibeshöhle, in welchem sich später die Geschlechtsorgane bilden. *D* Darmhöhle, ausgekleidet vom Darmdrüsenblatt (*a*). *A* Kiemenhöhle. *K* Kiemenspalte. $b = E$ Oberhaut oder Epidermis. E_1 Dieselbe als inneres Epithel der Kiemenhöhle. E_2 Dieselbe als äusseres Epithel der Kiemenhöhle.

einen sehr schmalen Raum reducirt (Fig. 152 *Lh*). Nachdem die Kiemenhöhle des Amphioxus gebildet ist, tritt das Athemwasser, welches durch den Mund aufgenommen wurde, nicht mehr direct durch die Kiemenspalten, sondern durch das Kiemenloch nach aussen. Der hinter dem Kiemenkorb gelegene Theil des Darmcanals verwandelt sich in den Magendarm und bildet auf der rechten Seite eine unpaare taschenförmige Ausstülpung, die sich zum Leberblindsack entwickelt. Dieser verdauende Theil des Darmcanals ist von der engen Leibeshöhle umschlossen.

In einem frühen Stadium der individuellen Entwickelung stimmt der Körperbau der Amphioxus-Larve wesentlich noch mit dem idealen Bilde überein, welches wir uns früher vom »Urwirbelthier« entworfen haben. Späterhin erleidet der Körper aber verschiedene Veränderungen, besonders im vorderen Theile. Diese Umbildungen sind für uns hier von keinem Interesse, da sie auf speciellen Anpassungs-Verhältnissen beruhen und den erblichen Wirbelthier-Typus nicht berühren. Von den übrigen Körpertheilen des Amphioxus hätten wir nur noch zu erwähnen, dass sich die Keimdrüsen oder die inneren Geschlechtsorgane erst sehr spät entwickeln, und zwar, wie es scheint, unmittelbar aus dem inneren Zellenbelag der Leibeshöhle, aus dem Coelom-Epithel. Obgleich in den Seitenwänden der Kiemenhöhle, in den Kiemendeckeln, späterhin keine Fortsetzung der Leibeshöhle mehr zu bemerken (Fig. 152), so ist eine solche dennoch anfänglich vorhanden (Fig. 159, 160 *Lh*). Unten im Grunde dieser Fortsetzung bilden sich aus einem Theile des Coelom-Epithels die Geschlechtsdrüsen (Fig. 160 *G*). Im Uebrigen ist die weitere Umbildung der von uns verfolgten Larve in die erwachsene Amphioxus-Form so einfach, dass wir hier nicht weiter darauf einzugehen brauchen[121].

Wir wenden uns jetzt vielmehr zur Entwickelungsgeschichte der Ascidie, dieses scheinbar so viel tiefer stehenden und so viel einfacher organisirten Thieres, das den grössten Theil seines Lebens auf dem Meeresgrunde als unförmiger Klumpen festgewachsen bleibt. Es war ein sehr glücklicher Zufall, dass KOWALEVSKY gerade diejenigen grösseren Ascidienformen bei seinen Untersuchungen zuerst in die Hände bekam, welche die Verwandtschaft der Wirbelthiere mit den Wirbellosen am deutlichsten beweisen, und deren Larven sich in den ersten Abschnitten der Entwickelung vollkommen gleich derjenigen des Amphioxus verhalten. Diese Uebereinstimmung geht in allem Wesentlichen so weit, dass wir eigentlich bloss wörtlich das von der Ontogenesis des Amphioxus Gesagte zu wiederholen brauchen.

Das Ei der grösseren Ascidien *Phallusia*, *Cynthia* u. s. w. ist eine einfache kugelige Zelle von $\frac{1}{10}$—$\frac{1}{5}$ Millimeter Durchmesser. In dem trüben feinkörnigen Dotter findet sich ein helles kugeliges Keimbläschen von ungefähr $\frac{1}{30}$ Millimeter Durchmesser, welches einen kleinen Keimfleck oder Nucleolus einschliesst Fig. 1. Taf. X . Innerhalb der Hülle, welche das Ei umgiebt, durchläuft nun nach erfolgter Befruchtung die Stammzelle der Ascidie genau dieselben Verwandlungen, wie die Cytula des Amphioxus. Die speciellen Vorgänge bei der Befruchtung und der Eifurchung sind bei unserer grössten und interessantesten Ascidie, bei Phallusia mammillata, neuerdings sehr genau untersucht und beschrieben worden von EDUARD STRASBURGER. In Bezug auf das merkwürdige Detail dieser Vorgänge, welches für unseren Zweck hier zu weit abliegt, verweise ich auf dessen ausgezeichnete Schrift über »Zellbildung«[122]. Auch hier, wie beim Amphioxus, verschwindet das Keimbläschen der Eizelle grösstentheils schon vor der Befruchtung, und nach derselben entsteht durch Neubildung eines Kernes aus der Monerula die Cytula. Diese zerfällt durch primordiale Furchung in 2, 4, 8, 16, 32 Zellen u. s. w. Durch fortgesetzte totale Furchung bildet sich die **Morula**, der maulbeerförmige Haufen von gleichartigen Zellen. Im Inneren desselben sammelt sich Flüssigkeit an, und so entsteht wiederum eine kugelige Keimhautblase, deren Wand eine einzige Zellenschicht, das Blastoderm bildet Taf. X, Fig. 3 . Ganz ebenso wie beim Amphioxus entwickelt sich aus dieser Blastula durch Einstülpung eine echte **Gastrula**, und zwar eine einfache Glocken-Gastrula Taf. X, Fig. 4 .

Insoweit läge nun in der Entwickelungsgeschichte der Ascidie noch gar kein bestimmender Grund, dieselbe irgendwie in nähere Verwandtschaft mit den Wirbelthieren zu bringen: denn dieselbe Gastrula entsteht ja auf dieselbe Weise auch bei den verschiedensten Thieren aus anderen Stämmen. Jetzt aber tritt ein Entwickelungsprocess auf, der nur den Wirbelthieren eigenthümlich ist und der gerade die Stammesverwandtschaft der Ascidie mit den Wirbelthieren unwiderleglich beweist. Es entsteht nämlich aus der äusseren Oberhaut der Gastrula ein Markrohr und zwischen diesem und dem Urdarm eine Chorda: Organe, die sich sonst nur bei den Wirbelthieren finden und diesen ausschliesslich eigenthümlich sind. Die Bildung dieser höchst wichtigen Organe geschieht bei der Gastrula der Ascidien ganz ebenso wie bei derjenigen des Amphioxus. Auch bei der Ascidie flacht sich der länglich-runde oder eiförmige, einaxige Gastrula-Körper zunächst auf einer Seite ab, und zwar auf der späteren Rückenseite.

In der Mittellinie der Abflachung vertieft sich eine Furche oder Rinne, die »Markfurche«, und beiderseits derselben erheben sich aus dem Hautblatt ein paar parallele, längs verlaufende Leisten oder Wülste. Diese beiden »Markwülste oder Medullarwülste« wachsen oben über der Furche zusammen und bilden so ein Rohr; auch hier ist dieses Nervenrohr oder Markrohr anfangs vorn offen, hinten aber geschlossen. Ferner bildet sich auch bei der Ascidien-Larve die bleibende Mundöffnung neu, und entsteht nicht aus dem Urmunde der Gastrula; dieser Urmund wächst vielmehr zu und in seiner Nähe bildet sich durch Einstülpung von aussen die spätere Afteröffnung, an dem hinteren, der Markrohrmündung entgegengesetzten Körperende (Taf. X, Fig. 5 *a*).

Während dieser wichtigen Vorgänge, die ganz so wie beim Amphioxus sich gestalten, wächst aus dem hinteren Ende des Larvenkörpers ein schwanzförmiger Anhang hervor, und die Larve krümmt sich innerhalb der kugeligen Eihülle so zusammen, dass die Rückenseite sich hervorwölbt, während der Schwanz auf die Bauchseite zurückgeschlagen wird. In diesem Schwanze entwickelt sich nun ein cylindrischer, aus Zellen zusammengesetzter Strang, dessen vorderes Ende in den Körper der Larve zwischen Darmrohr und Nervenrohr hineinragt, und der nichts Anderes ist, als die Chorda dorsalis, ein Organ, welches man bisher einzig und allein bei den Wirbelthieren kannte und von welchem sich bei den wirbellosen Thieren sonst keine Spur vorfindet. Anfänglich besteht die Chorda auch hier nur aus einer einzigen Reihe von grossen hellen Zellen (Taf. X, Fig. 5 *ch*). Später ist sie aus mehreren Zellenreihen zusammengesetzt. Auch bei der Ascidien-Larve entsteht die Chorda aus dem Mitteltheile einer Zellenschicht, deren Seitentheile sich zu Schwanzmuskeln umbilden, und die daher nichts Anderes sein kann, als das Hautfaserblatt. Gleichzeitig sondert sich von der Darmwand eine Zellenschicht, welche später Herz, Blut und Gefässe, sowie Darmmuskeln bildet, das Darmfaserblatt.

Wenn wir in diesem Stadium einen Querschnitt durch die Mitte des Körpers legen (da wo der Schwanz in den Rumpf übergeht), so zeigt sich uns bei der Ascidien-Larve dasselbe charakteristische Lagerungs-Verhältniss der wichtigsten Organe, wie bei der Amphioxus-Larve (Taf. X, Fig. 6). Wir finden in der Mitte zwischen Markrohr und Darmrohr die Chorda dorsalis; und beiderseits derselben die Muskelplatten des Rückens. Der Querschnitt der Ascidien-Larve

ist jetzt im Wesentlichen nicht von demjenigen des idealen Wirbelthieres verschieden (Fig. 161).

Wenn die Ascidien-Larve diesen Grad der Ausbildung erreicht hat, fängt sie an, in der Eihülle sich zu bewegen. In Folge davon berstet die Eihülle: die Larve tritt aus derselben heraus und schwimmt im Meere mittelst ihres Ruderschwanzes frei umher (Taf. X. Fig. 5). Man kennt diese frei schwimmenden Ascidien-Larven schon lange. Sie sind zuerst von DARWIN auf seiner Reise um die Welt im Jahre 1833 beobachtet worden. Sie gleichen in der äusseren Form den Frosch-Larven oder den sogenannten Kaulquappen, und bewegen sich gleich diesen im Wasser umher, indem sie ihren Schwanz als Ruder gebrauchen. Indessen dauert dieser frei bewegliche und hoch entwickelte Jugendzustand nur kurze Zeit. Zunächst allerdings findet noch eine fortschreitende Entwickelung statt, indem sich innerhalb des Nervenrohres, im vordersten Theile desselben, zwei kleine Sinnesorgane ausbilden, von denen KOWALEVSKY das eine für ein Auge, und das andere für ein Gehörorgan von einfachster Construction erklärt. Es entwickelt sich ferner auf der Bauchseite des Thieres, an der unteren Wand des Darmes, ein Herz, und zwar in derselben einfachen Form und an demselben Orte, an welchem auch das Herz des Menschen und aller anderen Wirbelthiere entsteht. In der unteren Muskelwand des Darmes nämlich erscheint eine schwielenartige Verdickung, ein solider spindelförmiger Zellenstrang, der bald im Inneren hohl wird: er fängt an sich zu bewegen, indem er sich in abwechselnder Richtung, bald von vorn nach hinten, bald von hinten nach vorn zusammenzieht, wie es auch bei der erwachsenen Ascidie der Fall ist. Dadurch wird die in dem hohlen Muskelschlauche angesammelte Blutflüssigkeit in wechselnder Richtung in die Blutgefässe hineingetrieben, die sich an beiden Enden des Herzschlauches entwickeln. Ein Hauptgefäss verläuft auf der Rückenseite des Darmes, ein anderes auf der Bauchseite desselben. Jenes erstere entspricht der Aorta

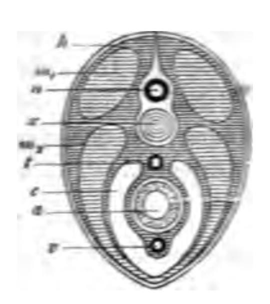

Fig. 161.

Fig. 161. Querschnitt durch das ideale Urbild des Wirbelthieres (Fig. 52). Der Schnitt geht durch die Pfeilaxe und die Queraxe. *n* Markrohr. *x* Axenstab. *t* Rückengefäss. *v* Bauchgefäss. *a* Darm. *c* Leibeshöhle. m_1 Rückenmuskeln. m_2 Bauchmuskeln. *h* Oberhaut.

(Fig. 161 *t*) und dem Rückengefässe der Würmer. Das andere entspricht der Darmvene (Fig. 161 *v*) und dem Bauchgefässe der Würmer.

Mit der Ausbildung dieser Organe ist die fortschreitende Ontogenesis der Ascidie vollendet, und jetzt beginnt der Rückschritt. Die frei schwimmende Ascidien-Larve fällt nämlich auf den Boden des Meeres, giebt ihre freie Ortsbewegung auf und setzt sich fest. Auf Steinen, Seepflanzen, Muschelschalen, Corallen und anderen Gegenständen des Meeresbodens wächst sie fest an, und zwar mit demjenigen Körpertheile, der bei der Bewegung der vordere war. Zur Anheftung dienen mehrere hier befindliche Auswüchse, gewöhnlich drei Warzen, welche schon bei der schwimmenden Larve zu bemerken sind. Der Schwanz geht jetzt verloren, da er keine Bedeutung mehr besitzt. Er unterliegt einer fettigen Degeneration, und wird sammt der ganzen Chorda dorsalis abgestossen. Der schwanzlose Körper verwandelt sich in einen unförmlichen Schlauch, der durch rückschreitende Metamorphose einzelner Theile, Neubildung und Umgestaltung anderer Theile allmählich in die früher beschriebene sonderbare Bildung übergeht.

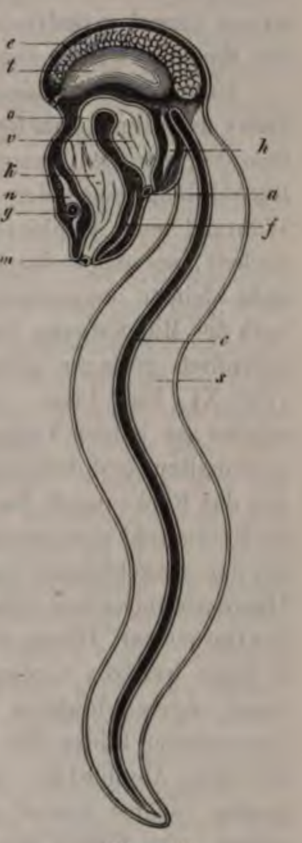


Fig. 162.

Jedoch giebt es unter den heute noch lebenden Tunicaten eine interessante Gruppe von kleinen Mantelthieren, welche auf der Entwickelungsstufe der geschwänzten, frei lebenden Ascidien-Larven zeitlebens stehen bleiben und sich mittelst ihres fortbestehenden breiten Ruderschwanzes lebhaft schwimmend im Meere

---

Fig. 162. Eine Appendicularia (Copelata), von der linken Seite gesehen. *m* Mund. *k* Kiemendarm. *o* Speiseröhre. *v* Magen. *a* After. *n* Gehirn (Oberschlundknoten). *g* Gehörbläschen. *f* Flimmerrinne unter der Kieme. *h* Herz. *t* Hoden. *e* Eierstock. *c* Chorda. *s* Schwanz.

umherbewegen. Das sind die merkwürdigen *Copelaten* oder *Appendicularien* (Fig. 162). Unter allen wirbellosen Thieren der Gegenwart sind sie die Einzigen, welche zeitlebens eine Chorda besitzen und insofern stehen sie den ausgestorbenen Chordoniern am nächsten, jenen uralten Würmern, die wir als gemeinsame Stammformen der Mantelthiere und der Wirbelthiere betrachten müssen. Die Chorda der Appendicularien ist ein langer cylindrischer Strang (Fig. 162 *c*) und dient zum Ansatz der Muskeln, welche den platten Ruderschwanz bewegen.

Unter den verschiedenen Rückbildungen, welche die Ascidien-Larve nach ihrer Anheftung auf dem Meeresboden erleidet, ist nächst dem Verluste des Axenstabes von besonderem Interesse die starke Rückbildung eines der wichtigsten Körpertheile, des Markrohres. Während beim Amphioxus sich das Rückenmark fortschreitend entwickelt, schrumpft das Markrohr der Ascidien-Larve bald zu einem ganz kleinen, unansehnlichen Nervenknoten zusammen, welcher oberhalb der Mundöffnung über dem Kiemenkorbe liegt und der ausserordentlich geringen geistigen Begabung dieses Thieres entspricht (Taf. XI, Fig. 14 *m*). Dieser unbedeutende Rest des Markrohres scheint gar keinen Vergleich mit dem Rückenmark der Wirbelthiere auszuhalten, und dennoch ist er aus derselben Anlage hervorgegangen wie das Rückenmark des Amphioxus. Die Sinnesorgane, welche vorn im Nervenrohr sich entwickelt hatten, gehen ebenfalls verloren, und bei der ausgebildeten Ascidie ist keine Spur mehr davon zu finden. Hingegen entwickelt sich nun zu einem sehr umfangreichen Organe der Darmcanal. Dieser sondert sich bald in zwei getrennte Abschnitte, in einen weiteren vorderen Kiemendarm, der zur Athmung, und in einen engeren hinteren Magendarm, der zur Verdauung dient. In dem ersteren bilden sich die Kiemenspalten ganz in derselben Weise, wie beim Amphioxus. Anfangs ist die Zahl der Kiemenspalten sehr gering; später wächst sie sehr beträchtlich, und so entsteht der grosse, gitterförmig durchbrochene Kiemenkorb. In der Mittellinie seiner Bauchseite bildet sich die Flimmerrinne oder »Hypobranchialrinne«. Auch die weite Kiemenhöhle oder Cloakenhöhle, welche den Kiemenkorb umgiebt, entwickelt sich bei der Ascidie auf dieselbe Weise wie beim Amphioxus. Die Egestions-Oeffnung der ersteren entspricht auch genetisch vollkommen dem »Abdominal-Porus« des letzteren. Gerade diese Homologie ist sehr wichtig. An der ausgebildeten Ascidie sind der Kiemendarm und das an seiner Bauchseite gelegene Herz fast allein noch die Organe, die an die ursprüngliche Stammverwandtschaft mit den Wirbelthieren erinnern.

Schliesslich wollen wir noch einen Blick auf die Entwickelungsgeschichte des merkwürdigen äusseren Gallert-Mantels oder des Cellulose-Sackes werfen, in dem die Ascidie später ganz eingeschlossen ist und der die ganze Klasse der Mantelthiere charakterisirt. Ueber die Bildung dieses Mantels sind sehr verschiedene und sehr sonderbare Ansichten aufgestellt worden. So behauptete z. B. KOWALEVSKY, dass sich das Thier den Mantel nicht selbst bilde, sondern dass besondere Zellen des mütterlichen Körpers, welche das Ei umgeben, zu den Mutterzellen des Mantels werden. Danach wäre der Mantel eine permanente Eihülle. Das wäre gegen alle Analogie und ist von vornherein sehr unwahrscheinlich. Ein anderer Naturforscher, KUPFFER, welcher die Untersuchungen des ersteren bestätigt und weiter geführt hat, nahm an, dass sich der Mantel aus Zellen entwickele, welche sich noch vor der Befruchtung der Eizelle aus dem äusseren Theile des Eidotters bilden und ganz von dem inneren Theile desselben ablösen sollten. Auch das wäre ganz räthselhaft und unwahrscheinlich. Erst die Untersuchungen von HERTWIG, die ich aus eigener Anschauung bestätigen kann, haben gezeigt, dass sich der Mantel in Form einer sogenannten Cuticula entwickelt. Er ist eine Ausschwitzung der Epidermiszellen, welche alsbald erhärtet, sich von dem eigentlichen Ascidienkörper sondert und um denselben zu einer festen Hülle verdichtet. Die Substanz derselben ist in chemischer Beziehung nicht von Pflanzen-Cellulose zu unterscheiden. Während die Oberhautzellen der äusseren Hornplatte diese Cellulose-Masse absondern, schlüpfen einzelne von ihnen in die letztere hinein, leben in der ausgeschwitzten Masse selbstständig fort und helfen den Mantel weiter bilden. So entsteht schliesslich die mächtige äussere Hülle, die immer dicker und dicker wird und bei manchen ausgebildeten Ascidien mehr als zwei Drittel der ganzen Körpermasse ausmacht.[123])

Die weitere Entwickelung der Ascidie im Einzelnen ist für uns von keiner besonderen Bedeutung, und wir wollen sie daher nicht weiter verfolgen. Das wichtigste Resultat, welches wir aus der Ontogenese derselben erhalten, ist die völlige Uebereinstimmung mit derjenigen des Amphioxus in den frühesten und wichtigsten Stadien der Keimesgeschichte. Erst nachdem Markrohr und Darmrohr, und zwischen beiden der Axenstab nebst den Muskeln gebildet ist, scheiden sich die Wege der Entwickelung. Der Amphioxus verfolgt einen beständig fortschreitenden Entwickelungsgang und wird den Stammformen der höheren Wirbelthiere ganz ähnlich, während die Ascidie umgekehrt eine rückschreitende Metamorphose einschlägt, und schliess-

lich im ausgebildeten Zustande als ein sehr unvollkommenes Glied der Würmergruppe erscheint.

Wenn Sie nun nochmals einen Rückblick auf alle die merkwürdigen Verhältnisse werfen, welche wir sowohl im Körperbau als in der Keimesgeschichte des Amphioxus und der Ascidie angetroffen haben, und wenn Sie dann dieselben mit den früher verfolgten Verhältnissen der menschlichen Keimesgeschichte vergleichen, so werden Sie die ausserordentliche Bedeutung, welche ich jenen beiden höchst interessanten Thierformen zugeschrieben habe, gewiss nicht mehr übertrieben finden. Denn es liegt nun klar vor Augen, dass der Amphioxus von Seiten der Wirbelthiere, die Ascidie von Seiten der Wirbellosen die verbindende Brücke schlägt, durch welche wir allein im Stande sind, die tiefe Kluft zwischen jenen beiden Hauptabtheilungen des Thierreichs auszufüllen. Die fundamentale Uebereinstimmung, welche das Lanzetthierchen und die Seescheide in den ersten und wichtigsten Verhältnissen ihrer Keimesentwickelung darbieten, bezeugt nicht allein ihre nahe anatomische Form-Verwandtschaft und ihre Zusammengehörigkeit im System; sie bezeugt vielmehr zugleich auch ihre wahre Bluts-Verwandtschaft und ihren gemeinsamen Ursprung von einer und derselben Stammform; sie wirft dadurch zugleich das klarste Licht auf die ältesten Wurzeln des menschlichen Stammbaumes.

In einigen früheren Vorträgen (über die Entstehung und den Stammbaum des Menschengeschlechts, 1868) hatte ich auf die ausserordentliche Bedeutung jenes Verhältnisses hingewiesen und dabei geäussert, dass wir demgemäss »den Amphioxus mit besonderer Ehrfurcht als dasjenige ehrwürdige Thier betrachten müssen, welches unter allen noch lebenden Thieren allein im Stande ist, uns eine annähernde Vorstellung von unseren ältesten silurischen Wirbelthier-Ahnen zu geben«. Dieser Satz hat nicht allein bei unwissenden Theologen, sondern auch bei vielen anderen Menschen den grössten Anstoss erregt, namentlich bei solchen Philosophen, welche noch in dem anthropocentrischen Irrthume leben und den Menschen als vorbedachtes Ziel der »Schöpfung« und wahren Endzweck alles Erdenlebens betrachten. Die »Würde der Menschheit« sollte durch jenen Satz »mit Füssen getreten und das göttliche Vernunftbewusstsein des Menschen auf's Schwerste beleidigt sein« (Kirchenzeitung!).

Diese Entrüstung über meine aufrichtige und hohe Verehrung des Amphioxus ist mir, offen gestanden, vollkommen unbegreiflich. Wenn wir einen uralten Eichenhain betreten und dann unserer Ehrfurcht vor

den ehrwürdigen tausendjährigen Bäumen in begeisterten Worten Ausdruck geben, so findet dies Jedermann ganz natürlich. Wie erhaben steht aber der Amphioxus über der Eiche da, und wie hoch steht selbst noch die Ascidien-Organisation über derselben! Und was sind die tausend Jahre eines ehrwürdigen Eichenlebens gegen die vielen Millionen Jahre, deren Geschichte uns der Amphioxus erzählt! Ganz abgesehen davon verdient der altersgraue Amphioxus (trotz des Mangels von Schädel, Gehirn und Gliedmaassen!) schon deshalb die höchste Ehrfurcht, weil er »Fleisch von unserem Fleische und Blut von unserem Blute« ist! Jedenfalls verdiente der Amphioxus mehr Gegenstand der höchsten Bewunderung und andächtigsten Verehrung zu sein, als alle das unnütze Gesindel von sogenannten »Heiligen«, denen unsere »hochcivilisirten« Cultur-Nationen Tempel bauen und Processionen widmen!

Wie unendlich bedeutungsvoll der Amphioxus und die Ascidie für das Verständniss der menschlichen Entwickelung und somit des wahren Menschenwesens sind, davon werden Sie sich am klarsten durch die nachstehende Uebersicht überzeugen, in welcher ich die wichtigsten Homologien des höchsten und des niedersten Wirbelthieres zusammengestellt habe (neunte Tabelle). Sie ersehen daraus die unleugbare Thatsache, dass der menschliche Embryo in früher Zeit seiner Entwickelung in den wichtigsten Organisations-Verhältnissen mit dem Amphioxus und mit dem Embryo der Ascidie übereinstimmt, hingegen von dem entwickelten Menschen grundverschieden ist. Auf der anderen Seite ist es aber nicht minder wichtig, die tiefe Kluft im Gedächtniss zu behalten, welche den Amphioxus von allen übrigen Wirbelthieren scheidet. Noch heute wird das Lanzetthierchen in sämmtlichen zoologischen Lehrbüchern als ein Mitglied der Fischklasse aufgeführt. Als ich dagegen (1866) den Amphioxus ganz von den Fischen trennte und den ganzen Wirbelthierstamm in die beiden Hauptgruppen der Schädellosen (Amphioxus) und der Schädelthiere (alle übrigen Vertebraten) trennte, galt das als eine unnütze und unbegründete Neuerung [115]. Wie es sich hiermit verhält, sehen Sie am besten aus der nachstehenden Uebersicht (Zehnte Tabelle). In allen wesentlichen Beziehungen stehen die Fische dem Menschen näher als dem Amphioxus.

Neunte Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Homologien zwischen dem Embryo des Menschen, dem Embryo der Ascidie und dem entwickelten Amphioxus einerseits, gegenüber dem entwickelten Menschen anderseits.

Embryo der Ascidie.	Entwickelter Amphioxus.	Embryo des Menschen.	Entwickelter Mensch.
I. Differenzirungs-Producte des Hautblattes.			
Nackte Oberhaut.	Nackte Oberhaut.	Nackte Oberhaut.	Behaarte Oberhaut.
Einfaches Markrohr.	Einfaches Markrohr.	Einfaches Markrohr.	Gehirn und Rückenmark.
Urniere (?) (Excretions-Canal?)	Urniere (?)	Urnieren-Canäle.	Eileiter und Samenleiter.
Einfache dünne Lederhaut.	Einfache dünne Lederhaut.	Einfache dünne Lederhaut.	Differenzirte dicke Lederhaut.
Einfacher Hautmuskelschlauch.	Einfache Rumpfmusculatur.	Einfache Muskelplatte.	Differenzirte Rumpfmusculatur.
Chorda.	Chorda.	Chorda.	Wirbelsäule.
Kein Schädel.	Kein Schädel.	Kein Schädel.	Knochenschädel.
Keine Gliedmaassen.	Keine Gliedmaassen.	Keine Gliedmaassen.	Zwei Paar Gliedmaassen.
Hermaphroditische Geschlechtsdrüsen.	Getrennte Geschlechtsdrüsen.	Hermaphroditische Geschlechtsanlage.	Getrennte Geschlechtsdrüsen.
II. Differenzirungs-Producte des Darmblattes.			
Einfache Leibeshöhle (Coelom).	Einfache Leibeshöhle (Coelom).	Einfache Leibeshöhle (Coelom).	Getrennte Brusthöhle und Bauchhöhle.
Einkammeriges Herz.	Einfaches Herzrohr.	Einkammeriges Herz.	Vierkammeriges Herz.
Rückengefäss.	Aorta.	Aorta.	Aorta.
Einfacher Leberschlauch (?)	Einfacher Leberschlauch.	Einfache Leberschläuche.	Differenzirte massive Leber.
Einfaches Darmrohr mit Kiemenspalten.	Einfaches Darmrohr mit Kiemenspalten.	Einfaches Darmrohr mit Kiemenspalten.	Differenzirtes Darmrohr ohne Kiemenspalten.

Zehnte Tabelle.

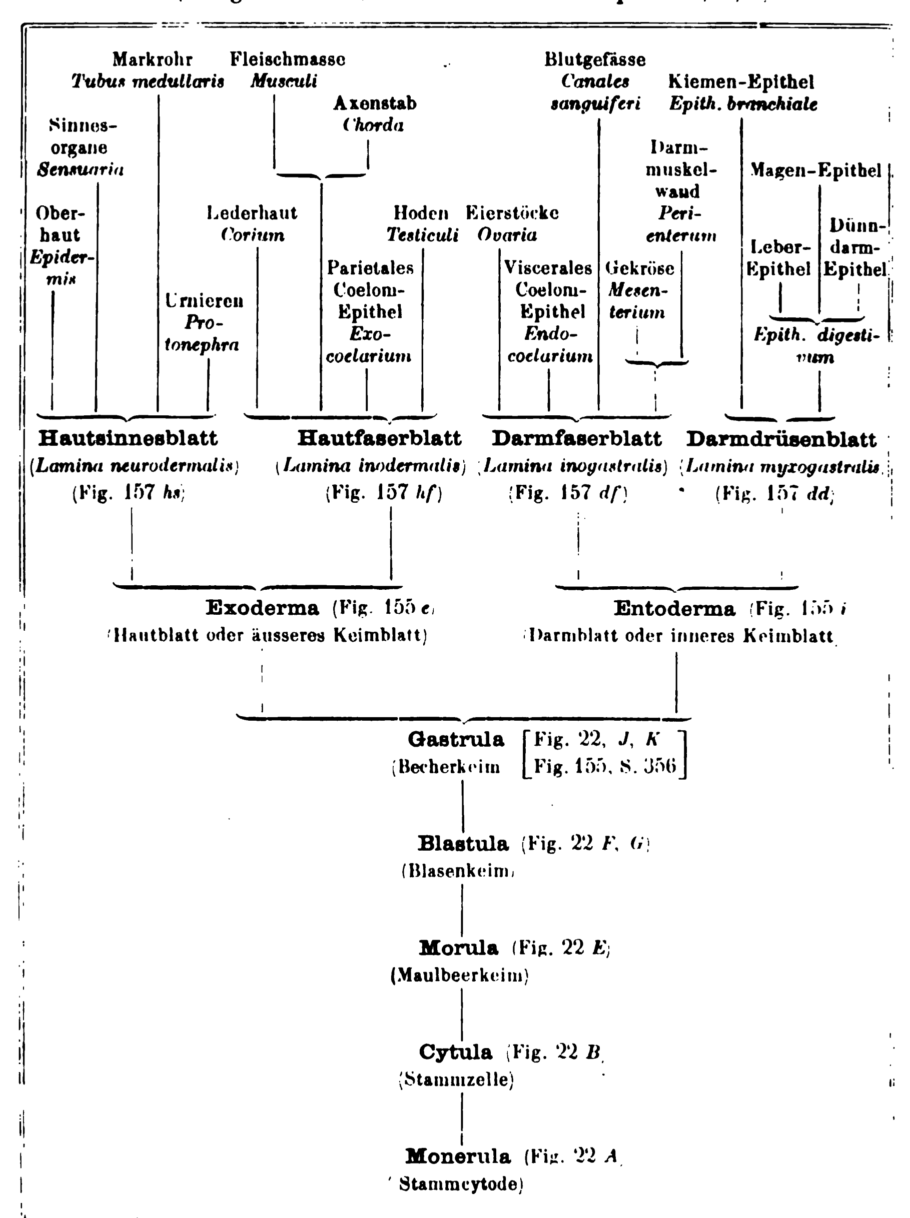
Uebersicht über die Form-Verwandtschaft der Ascidie und des Amphioxus einerseits, des Fisches und des Menschen anderseits, im vollkommen entwickelten Zustande.

Entwickelte Ascidie.	Entwickelter Amphioxus.	Entwickelter Fisch.	Entwickelter Mensch.
Kopf und Rumpf nicht geschieden.	Kopf und Rumpf-nicht geschieden.	Kopf und Rumpf geschieden.	Kopf und Rumpf geschieden.
Keine Gliedmaassen.	Keine Gliedmaassen.	Zwei Paar Gliedmaassen.	Zwei Paar Gliedmaassen.
Kein Schädel.	Kein Schädel.	Entwickelter Schädel.	Entwickelter Schädel.
Kein Zungenbein.	Kein Zungenbein.	Zungenbein.	Zungenbein.
Kein Kiefer-Apparat.	Kein Kiefer-Apparat.	Kiefer-Apparat (Ober- und Unterkiefer.)	Kiefer-Apparat (Ober- und Unterkiefer).
Keine Wirbelsäule.	Keine Wirbelsäule.	Gegliederte Wirbelsäule.	Gegliederte Wirbelsäule.
Kein Rippenkorb.	Kein Rippenkorb.	Rippenkorb.	Rippenkorb.
Kein differenzirtes Gehirn.	Kein differenzirtes Gehirn.	Differenzirtes Gehirn.	Differenzirtes Gehirn.
Augen-Rudimente.	Augen-Rudimente.	Entwickelte Augen.	Entwickelte Augen.
Kein Gehörorgan.	Kein Gehörorgan.	Gehörorgan mit drei Ringcanälen.	Gehörorgan mit drei Ringcanälen.
Kein sympathischer Nerv.	Kein sympathischer Nerv.	Sympathischer Nerv.	Sympathischer Nerv.
Darm-Epithel flimmernd.	Darm-Epithel flimmernd.	Darm-Epithel nicht flimmernd.	Darm-Epithel nicht flimmernd.
Einfache Leber (oder gar keine).	Einfache Leber (Blinddarm).	Zusammengesetzte Leberdrüse.	Zusammengesetzte Leberdrüse.
Keine Bauchspeicheldrüse.	Keine Bauchspeicheldrüse.	Bauchspeicheldrüse.	Bauchspeicheldrüse.
Keine Schwimmblase.	Keine Schwimmblase.	Schwimmblase (Lungen-Anlage).	Lunge (Schwimmblase).
Nieren rudimentär (?)	Nieren rudimentär (?)	Nieren entwickelt.	Nieren entwickelt.
Einfacher Herzschlauch.	Einfaches Herzrohr.	Herz mit Klappen und Kammern.	Herz mit Klappen und Kammern.
Blut farblos.	Blut farblos.	Blut roth.	Blut roth.
Keine Milz.	Keine Milz.	Milz vorhanden.	Milz vorhanden.
Flimmerrinne am Kiemenkorbe.	Flimmerrinne am Kiemenkorbe.	Schilddrüse (Thyreoidea).	Schilddrüse (Thyreoidea).

Elfte Tabelle.

Uebersicht über die Abstammung der Keimblätter des Amphioxus von der Stammzelle, und der Hauptorgane von den Keimblättern.

(Ontogenetischer Zellenstammbaum des Amphioxus.)[125]



Fünfzehnter Vortrag.

Die Zeitrechnung der menschlichen Stammesgeschichte.

»Vergeblich hat man bis jetzt nach einer scharfen Zeitgrenze zwischen Menschengeschichte und vormenschlicher Geschichte gesucht; der Ursprung des Menschen und die Zeit seines ersten Auftretens verlaufen in das Unbestimmbare; es lässt sich nicht scharf eine sogenannte Vorwelt von der Jetztwelt sondern. Dieses Schicksal theilen aber alle geologischen, wie alle historischen Perioden. Die Perioden, die wir unterscheiden, sind daher mehr oder weniger willkührlich abgetrennt und können, wie die Abtheilungen des naturhistorischen Systematikers, nur zur bequemeren Uebersicht und Handhabung dienen, nicht aber zu einer wirklichen Trennung des Ungleichen.«

Bernhard Cotta (1866).

Inhalt des fünfzehnten Vortrages.

Vergleichung der ontogenetischen und phylogenetischen Zeiträume. Zeitdauer der Keimesgeschichte beim Menschen und bei verschiedenen Thieren. Verschwindend geringe Länge derselben gegenüber den unermesslich langen Zeiträumen der Stammesgeschichte. Verhältniss der schnellen ontogenetischen Verwandlung zu der langsamen phylogenetischen Metamorphose. Die Zeitrechnung der organischen Erdgeschichte, gegründet auf die relative Dicke der sedimentären Gebirgsschichten oder neptunischen Formationen. Fünf Hauptabschnitte derselben: I. Das primordiale oder archolithische Zeitalter. II. Das primäre oder palaeolithische Zeitalter. III. Das secundäre oder mesolithische Zeitalter. IV. Das tertiäre oder caenolithische Zeitalter. V. Das quartäre oder anthropolithische Zeitalter. Relative Länge der fünf Zeitalter. Die Resultate der vergleichenden Sprachforschung als Erläuterung der Phylogenie der Arten. Die Stämme und Zweige des indogermanischen Sprachstammes verhalten sich in ihrer Stammverwandtschaft analog den Klassen und Verzweigungen des Wirbelthierstammes. Die Stammformen sind in beiden Fällen ausgestorben und nicht mehr unter den lebenden zu finden. Die wichtigsten Stufen unter den menschlichen Stammformen. Die Entstehung der Moneren durch Urzeugung. Nothwendigkeit der Urzeugung.

XV.

Meine Herren!

Durch unsere vergleichenden Untersuchungen über die Anatomie und Ontogenie des Amphioxus und der Ascidie haben wir Hülfsmittel für die Erkenntniss der Anthropogenie gewonnen, deren Werth kaum hoch genug angeschlagen werden kann. Denn erstens haben wir dadurch in anatomischer Beziehung die weite Kluft ausgefüllt, welche in der bisherigen Systematik des Thierreiches zwischen Wirbelthieren und wirbellosen Thieren bestand; zweitens aber haben wir in der Keimesgeschichte des Amphioxus uralte Entwicklungs-Zustände kennen gelernt, welche in der Ontogenie des Menschen schon seit langer Zeit verschwunden und nach dem Gesetze der abgekürzten Vererbung verloren gegangen sind. Unter diesen Entwickelungs-Zuständen ist namentlich von der grössten Bedeutung die Archigastrula oder die ursprünglich reine Form der Gastrula, welche der Amphioxus bis heute bewahrt hat und welche bei niederen wirbellosen Thieren der verschiedensten Classen in derselben Gestalt wiederkehrt.

So hat denn die Keimesgeschichte des Amphioxus und der Ascidie unsere Quellenkenntniss von der Stammesgeschichte des Menschen soweit vervollständigt, dass trotz des gegenwärtig noch sehr unvollkommenen Zustandes unserer empirischen Kenntnisse dennoch keine wesentliche Lücke von grosser Bedeutung in derselben mehr offen ist. Wir können daher jetzt an unsere eigentliche Aufgabe herantreten, und mit Hülfe der uns zu Gebote stehenden vergleichend-anatomischen und ontogenetischen Urkunden die Phylogenie des Menschen in ihren Grundzügen reconstruiren. Hierbei werden Sie sich von der unermesslichen Bedeutung überzeugen, welche die unmittelbare Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes vom Causalnexus der Ontogenesis und Phylogenesis besitzt. Ehe wir nun aber diese Aufgabe in Angriff nehmen, wird es von Nutzen sein, zuvor noch einige allgemeine Verhältnisse in's Auge zu fassen, welche für das Verständniss der betreffenden Vorgänge nicht bedeutungslos sind.

Zunächst dürften hier einige Bemerkungen über die *Zeiträume* am Orte sein, in denen die Entwickelung des Menschengeschlechts aus dem Thierreiche erfolgt ist. Der erste Gedanke, welcher sich uns bei Betrachtung der einschlagenden Verhältnisse aufdrängt, ist der des ungeheuren Unterschiedes zwischen den Zeiträumen der menschlichen Keimesgeschichte und Stammesgeschichte. Die kurze Zeitspanne, in welcher die Ontogenesis des menschlichen Individuums erfolgt, steht in gar keinem Verhältniss zu dem unendlich langen Zeitraume, der zur Phylogenesis des menschlichen Stammes erforderlich war. Das menschliche Individuum bedarf zu seiner vollständigen Entwickelung von der Befruchtung der Eizelle an bis zu dem Momente, wo es geboren wird und den Mutterleib verlässt, nur neun Monate. Der menschliche Embryo durchläuft also seinen ganzen Entwicklungsgang in dem kurzen Zeitraume von vierzig Wochen (meistens genau 280 Tagen). Und um so viel ist eigentlich jeder Mensch älter, als man gewöhnlich annimmt. Wenn man das Alter eines Kindes z. B. auf neun und ein viertel Jahre angiebt, so ist dieses Kind in Wahrheit zehn Jahre alt. Denn der Beginn der individuellen Existenz fällt nicht in das Moment der *Geburt*, sondern in das Moment der *Befruchtung*. Bei vielen anderen Säugethieren ist die Zeitdauer der embryonalen Entwickelung ziemlich dieselbe wie beim Menschen, so z. B. beim Rinde. Beim Pferd und Esel beträgt sie etwas mehr, nämlich 43—45 Wochen; beim Kameel schon 13 Monate. Bei den grössten Säugethieren braucht der Embryo zu seiner vollständigen Ausbildung im Mutterleibe bedeutend längere Zeit, so z. B. beim Rhinoceros $1\frac{1}{2}$ Jahre, beim Elephanten 90 Wochen. Die Schwangerschaft dauert hier also mehr als doppelt so lange wie beim Menschen, fast ein und drei viertel Jahre. Bei den kleineren Säugethieren ist umgekehrt die Zeitdauer der embryonalen Entwickelung viel kürzer. Die kleinsten Säugethiere, die Zwergmäuse, entwickeln sich in drei Wochen vollständig; die Kaninchen und Hasen in einem Zeitraume von vier Wochen; Ratte und Murmelthier in fünf Wochen, der Hund in neun, das Schwein in 17 Wochen; das Schaaf in 21 und der Hirsch in 36 Wochen. Noch rascher entwickeln sich die Vögel. Das Hühnchen im bebrüteten Ei braucht zu seiner vollen Reife unter normalen Verhältnissen einen Zeitraum von drei Wochen oder genau 21 Tagen. Hingegen braucht die Ente 25, der Truthahn 27, der Pfau 31, der Schwan 42 und der neuholländische Casuar 65 Tage. Der kleinste Vogel, der Colibri, verlässt das Ei schon nach 12 Tagen. Es steht also offenbar die Entwicklungsdauer des Individuums innerhalb der

Eihüllen bei den Säugethieren und Vögeln in einem gewissen Verhältniss zu der absoluten Körpergrösse, welche die betreffende Wirbelthier-Art erreicht. Doch ist diese letztere nicht allein die maassgebende Ursache der ersteren. Vielmehr kommen noch viele andere Umstände hinzu, welche die Dauer der individuellen Entwickelung innerhalb der Eihüllen beeinflussen. [126]

Auf alle Fälle erscheint die Zeitdauer der Ontogenese verschwindend kurz, wenn wir sie mit dem ungeheuren, unendlich langen Zeitraume vergleichen, innerhalb dessen die Phylogenese oder die allmähliche Entwickelung der Vorfahren-Reihe stattgefunden hat. Dieser Zeitraum misst nicht nach Jahren und Jahrhunderten, sondern nach Jahrtausenden und Jahrmillionen. In der That sind viele Jahrmillionen verstrichen, ehe sich aus dem uralten einzelligen Stamm-Organismus allmählich Stufe für Stufe der vollkommenste Wirbelthier-Organismus, der Mensch, historisch entwickelt hat. Die Gegner der Abstammungslehre, welche diese stufenweise Entwickelung der Menschenform aus niederen Thierformen und ihre ursprüngliche Abstammung von einem einzelligen Urthiere für ein unglaubliches Wunder erklären, denken nicht daran, dass sich ganz dasselbe Wunder bei der embryonalen Entwickelung jedes menschlichen Individuums thatsächlich in der kurzen Zeitspanne von neun Monaten vor unseren Augen vollzieht. Dieselbe Reihenfolge von mannichfach verschiedenen Gestalten, welche unsere thierischen Vorfahren im Laufe vieler Jahrmillionen durchlaufen haben, dieselbe Gestaltenfolge hat Jeder von uns in den ersten vierzig Wochen seiner individuellen Existenz im Mutterleibe durchlaufen.

Nun erscheinen uns aber alle organischen Form-Verwandlungen, alle Metamorphosen der Thier- und Pflanzen-Gestalten um so merkwürdiger und wunderbarer, je schneller sie vor sich gehen. Wenn daher unsere Gegner die historische Entwickelung des Menschengeschlechts aus niederen Thierformen für einen unglaublichen Vorgang erklären, so müssen sie die embryonale Entwickelung des menschlichen Individuums aus der einfachen Eizelle im Vergleiche damit für ein noch viel unglaublicheres Wunder halten. Diese letztere, die ontogenetische Verwandlung, die sich vor unseren Augen vollzieht, muss in demselben Maasse wunderbarer als die phylogenetische erscheinen, in welchem die Zeitdauer der Stammesgeschichte diejenige der Keimesgeschichte übertrifft. Denn der menschliche Embryo muss den ganzen individuellen Entwickelungs-Process von der einfachen Zelle bis zum vielzelligen ausgebildeten Menschen mit allen

seinen Organen in der kurzen Zeitspanne von vierzig Wochen durchlaufen. Hingegen stehen uns für den gleichen phylogenetischen Entwickelungs-Process, für die Entwickelung der Vorfahren des Menschengeschlechts von der einfachsten einzelligen Stammform an viele Millionen von Jahren zur Verfügung.

Was nun diese phylogenetischen Zeiträume selbst betrifft, so ist es unmöglich, die Länge derselben nach Jahrhunderten oder auch nur nach Jahrtausenden annähernd zu bestimmen und absolute Zahlen-Maasse dafür festzustellen. Wohl aber sind wir schon seit langer Zeit durch die Untersuchungen der Geologen in Stand gesetzt, die relative Länge der verschiedenen einzelnen Zeitabschnitte der organischen Erdgeschichte abzuschätzen und zu vergleichen. Den unmittelbaren Maassstab für diese relative Maassbestimmung der geologischen Zeiträume liefert uns die Dicke der sogenannten neptunischen Erdschichten oder der »sedimentären Gebirgs-Formationen«, d. h. aller derjenigen Erdschichten, welche sich auf den Boden des Meeres und der süssen Gewässer aus den dort abgesetzten Schlammniederschlägen gebildet haben. Diese in Form von Kalkstein, Thonlagen, Mergel, Sandstein, Schiefer u. s. w. über einander geschichteten Sediment-Gesteine, welche die Hauptmasse der Gebirge zusammensetzen und oft viele Tausend Fuss Dicke erreichen, geben uns den Maassstab für die Abschätzung der relativen Länge der verschiedenen Erdbildungsperioden.

Der Vollständigkeit halber muss ich hier ein paar Worte über den Entwicklungsgang der Erde im Allgemeinen einschalten und die wichtigsten dabei zu berücksichtigenden Verhältnisse kurz hervorheben. Zuerst stossen wir hier auf den Hauptsatz, dass das Leben auf unserem Erdkörper zu einer bestimmten Zeit seinen Anfang hatte. Das ist ein Satz, welcher von keinem urtheilsfähigen Geologen mehr bestritten wird. Wir wissen jetzt sicher, dass das organische Leben auf unserem Planeten wirklich einmal neu entstanden ist, und nicht, wie Einige behauptet haben, von Ewigkeit her existirte. Die unwiderleglichen Beweise dafür liefert einerseits die physikalisch-astronomische Kosmogenie, anderseits die Ontogenie der Organismen. Ebensowenig als die Individuen, ebensowenig erfreuen sich die Arten und Stämme der Organismen eines ewigen Lebens.[127] Auch sie hatten einen endlichen Anfang. Den Zeitraum, welcher seit der Entstehung des ersten Lebens auf der Erde bis zur Gegenwart verflossen ist, und der uns hier allein interessirt, nennen wir kurz »die organische Erdgeschichte«; im Gegensatz zu jener »anorganischen Erdgeschichte«,

die vor der Entstehung des ersten organischen Lebens abgelaufen ist. Ueber die letztere sind wir zuerst durch die naturphilosophischen Untersuchungen und Berechnungen unseres grossen kritischen Philosophen IMMANUEL KANT aufgeklärt worden, und ich muss Sie bezüglich derselben auf KANT'S »Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels« verweisen, sowie auf die zahlreichen Kosmogenien, welche dieselbe in populärer Form behandeln. Hier können wir uns nicht mit derselben aufhalten.

Die organische Erdgeschichte konnte erst beginnen, seitdem tropfbar-flüssiges Wasser auf der Erde existirte. Denn jeder Organismus ohne Ausnahme bedarf zu seiner Existenz des tropfbar-flüssigen Wassers und enthält in seinem Körper eine beträchtliche Quantität desselben. Unser eigener Körper enthält im ausgebildeten Zustande 70 Procent Wasser in den Geweben, und nur 30 Procent feste Substanz. Noch grösser ist der Wassergehalt des Körpers beim Kinde, und am grössten beim Embryo. Auf frühen Stufen der Entwicklung enthält der menschliche Embryo über 90 Procent Wasser und nicht einmal 10 Procent feste Bestandtheile. Bei niederen Seethieren, namentlich bei gewissen Medusen, besteht der Körper sogar aus mehr als 99 Procent Wasser und enthält noch nicht ein einziges Procent feste Substanz. Kein Organismus kann ohne Wasser existiren und seine Lebens-Functionen vollziehen. Ohne Wasser kein Leben!

Das tropfbar-flüssige Wasser, von dem somit die Existenz des Lebens in erster Linie abhängt, konnte aber auf unserer Erde erst entstehen, nachdem die Temperatur des glühenden Erdballs an der Oberfläche bis zu einem gewissen Grade gesunken war. Vorher existirte dasselbe nur in Dampfform. Sobald aber aus der Dampf-Hülle sich das erste tropfbare Wasser durch Abkühlung niedergeschlagen hatte, begann dasselbe seine geologische Wirksamkeit und hat seitdem bis zur Gegenwart in fortwährendem Wechsel an der Umgestaltung der festen Erdrinde gearbeitet. Das Resultat dieser unaufhörlichen Arbeit des Wassers, das in Form von Regen und Hagel, Schnee und Eis, als reissender Strom und als brandende Meereswelle die Gesteine zertrümmert und auflöst, ist schliesslich die Bildung von Schlamm. Wie HUXLEY in seinen vortrefflichen Vorlesungen über die »Ursachen der Erscheinungen in der organischen Natur«[32] sagt, ist die wichtigste Urkunde über die Geschichte der Vergangenheit unseres Erdballs der Schlamm; und die Frage von der Geschichte der vergangenen Weltalter löst sich auf in die Frage von der Bildung des Schlammes. Alle die geschichteten Gesteine,

welche unsere Gebirgsmassen zusammensetzen, sind ursprünglich als Schlamm auf dem Boden der Gewässer abgelagert und erst später zu festem Gestein verdichtet worden.

Wie schon bemerkt wurde, kann man sich durch Zusammenstellung und Vergleichung der verschiedenen Gesteinsschichten von zahlreichen Stellen der Erdoberfläche eine annähernde Vorstellung von dem relativen Alter dieser verschiedenen Schichten machen. Schon seit längerer Zeit sind die Geologen demgemäss übereinstimmend zu der Annahme gelangt, dass eine ganz bestimmte historische Aufeinanderfolge der verschiedenen Formationen existirt. Die einzelnen über einander liegenden Schichtengruppen entsprechen verschiedenen auf einander folgenden Perioden der organischen Erdgeschichte, innerhalb welcher sie auf dem Meeresboden als Schlamm abgelagert wurden. Allmählich wurde dieser Schlamm zu festem Gestein verdichtet. Dieses wurde durch wechselnde Hebung und Senkung der Erdoberfläche über das Wasser erhoben und trat als Gebirge empor. Man unterscheidet in der Regel, entsprechend den grösseren und kleineren Gruppen dieser sedimentären Gebirgsschichten, vier oder fünf grössere Zeitabschnitte in der organischen Erdgeschichte. Diese Haupt-Perioden zerfallen dann wieder in zahlreichere untergeordnete Abschnitte oder kleinere Perioden. Gewöhnlich werden deren zwölf bis fünfzehn angenommen. (Vergl. die zwölfte und dreizehnte Tabelle.) Die relative Dicke der verschiedenen Schichtengruppen gestattet nun eine ungefähre Abschätzung der relativen Länge dieser verschiedenen Zeitabschnitte. Allerdings dürfen wir nicht etwa sagen: »Innerhalb eines Jahrhunderts wird durchschnittlich eine Schicht von bestimmter Dicke (etwa zwei Zoll) abgelagert, und deshalb ist eine Gebirgsschicht von tausend Fuss Dicke sechshundert Jahrtausende alt.« Denn verschiedene Gebirgsformationen von gleicher Dicke können sehr verschiedene Zeiträume zu ihrer Ablagerung und Verdichtung gebraucht haben. Wohl aber können wir aus der Dicke oder »Mächtigkeit« der Formation einen ungefähren Schluss auf die relative Länge der Periode ziehen, in der sie gebildet wurde.

Von den vier oder fünf Hauptabschnitten der organischen Erdgeschichte, deren Kenntniss für unsere Phylogenie des Menschengeschlechts unerlässlich ist, wird der erste und älteste als primordiales oder archozoisches auch archolithisches Zeitalter bezeichnet. Wenn man die gesammte Dicke oder Mächtigkeit aller aus dem Wasser abgelagerten Erdschichten zusammen im Durchschnitt jetzt auf ungefähr 130,000 Fuss schätzt, so kommen allein

auf diesen ersten Hauptabschnitt 70,000 Fuss, mithin die grössere Hälfte der Dicke. Wir können daraus und aus anderen Gründen unmittelbar schliessen, dass der entsprechende primordiale oder archolithische Zeitraum für sich allein genommen bedeutend länger sein musste, als der ganze übrige lange Zeitraum vom Ende desselben an bis zur Gegenwart. Wahrscheinlich war das primordiale Zeitalter sogar noch bedeutend länger, als es nach dem angeführten Verhältniss von 7 : 6 scheinen könnte. Das primordiale Zeitalter zerfällt in drei untergeordnete Zeitperioden, welche als laurentische, cambrische und silurische Periode bezeichnet werden; entsprechend den drei Hauptgruppen von sedimentären Gesteinsschichten, welche das gesammte archolithische Gebirge oder das sogenannte »Urgebirge« aufbauen. Der ungeheure Zeitraum, während dessen diese colossalen, über 70,000 Fuss dicken Urgebirgs-Schichten aus dem Urmeer abgelagert wurden, umfasst jedenfalls viele Millionen von Jahren. Während desselben entstanden durch Urzeugung die ältesten und einfachsten Organismen, mit denen überhaupt das Leben auf unserem Planeten begann: die Moneren. Aus ihnen entwickelten sich zunächst einzellige Pflanzen und Thiere, die Amoeben und viele verschiedene Protisten. Während dieses archolithischen Zeitraumes entwickelten sich aber aus jenen auch die sämmtlichen wirbellosen Vorfahren des Menschengeschlechts. Dieses letztere können wir aus der Thatsache schliessen, dass bereits gegen Ende der silurischen Periode sich einzelne Reste von versteinerten Fischen vorfinden: Selachier und Ganoiden. Diese sind aber viel höher organisirt und viel jünger als das niederste Wirbelthier, der Amphioxus, und als die zahlreichen, dem Amphioxus verwandten schädellosen Wirbelthiere, welche während jener Zeit gelebt haben müssen. Den letzteren selbst müssen nothwendig sämmtliche wirbellose Vorfahren des Menschengeschlechts vorausgegangen sein. Wir können diesen ganzen Zeitabschnitt dem entsprechend wohl charakterisiren als die Hauptperiode der »wirbellosen Vorfahren des Menschengeschlechtes«; oder wenn wir die ältesten Vertreter des Wirbelthierstammes selbst hervorheben wollen, als das Zeitalter der Schädellosen. Während des ganzen archolithischen Zeitalters bestand die Bevölkerung unseres Planeten nur aus Wasserbewohnern: wenigstens ist bis jetzt noch kein einziger Rest von landbewohnenden Thieren und Pflanzen aus diesem Zeitraume bekannt geworden. Einige Reste von landbewohnenden Organismen, welche angeblich der Silur-Periode angehören sollten, sind devonisch.

Zwölfte Tabelle.

Uebersicht der paläontologischen Perioden oder der grösseren Zeitabschnitte der organischen Erdgeschichte.

I. Erster Zeitraum: Archolithisches Zeitalter. Primordial-Zeit.

(Zeitalter der Schädellosen und der Tangwälder.)

1. Aeltere Archolith-Zeit	oder	Laurentische Periode.
2. Mittlere Archolith-Zeit	-	Cambrische Periode.
3. Neuere Archolith-Zeit	-	Silurische Periode.

II. Zweiter Zeitraum: Paläolithisches Zeitalter. Primär-Zeit.

(Zeitalter der Fische und der Farnwälder.)

4. Aeltere Paläolith-Zeit	oder	Devonische Periode.
5. Mittlere Paläolith-Zeit	-	Steinkohlen-Periode.
6. Neuere Paläolith-Zeit	-	Permische Periode.

III. Dritter Zeitraum: Mesolithisches Zeitalter. Secundär-Zeit.

(Zeitalter der Reptilien und der Nadelwälder.)

7. Aeltere Mesolith-Zeit	oder	Trias-Periode.
8. Mittlere Mesolith-Zeit	-	Jura-Periode.
9. Neuere Mesolith-Zeit	-	Kreide-Periode.

IV. Vierter Zeitraum: Caenolithisches Zeitalter. Tertiär-Zeit.

(Zeitalter der Säugethiere und der Laubwälder.)

10. Aeltere Caenolith-Zeit	oder	Eocaene Periode.
11. Mittlere Caenolith-Zeit	-	Miocaene Periode.
12. Neuere Caenolith-Zeit	-	Pliocaene Periode.

V. Fünfter Zeitraum: Anthropolithisches Zeitalter. Quartär-Zeit.

(Zeitalter des Menschen und der Culturwälder.)

13. Aeltere Anthropolith-Zeit	oder	Eiszeit. Glaciale Periode.
14. Mittlere Anthropolith-Zeit	-	Postglaciale Periode.
15. Neuere Anthropolith-Zeit	-	Cultur-Periode.

(Die Culturperiode ist die historische Zeit oder die Periode der Ueberlieferungen.)

Dreizehnte Tabelle.

Uebersicht der paläontologischen Formationen oder der versteinerungsführenden Schichten der Erdrinde.

Terrains.	Systeme.	Formationen.	Synonyme der Formationen.
V. Anthropolithische Terrains oder anthropozoische (quartäre) Schichtengruppen	XIV. Recent (Alluvium)	36. **Praesent**	Oberalluviale
		35. **Recent**	Unteralluviale
	XIII. Pleistocaen (Diluvium)	34. **Postglacial**	Oberdiluviale
		33. **Glacial**	Unterdiluviale.
IV. Caenolithische Terrains oder caenozoische (tertiäre) Schichtengruppen	XII. Pliocaen (Neutertiär)	32. **Arvern**	Oberpliocaene
		31. **Subapennin**	Unterpliocaene
	XI. Miocaen (Mitteltertiär)	30. **Falun**	Obermiocaene
		29. **Limburg**	Untermiocaene
	X. Eocaen (Alttertiär)	28. **Gyps**	Obereocaene
		27. **Grobkalk**	Mitteleocaene
		26. **Londonthon**	Untereocaene
III. Mesolithische Terrains oder mesozoische (secundäre) Schichtengruppen	IX. Kreide	25. **Weisskreide**	Oberkreide
		24. **Grünsand**	Mittelkreide
		23. **Neocom**	Unterkreide
		22. **Wealden**	Wälderformation
	VIII. Jura	21. **Portland**	Oberoolith
		20. **Oxford**	Mitteloolith
		19. **Bath**	Unteroolith
		18. **Lias**	Liasformation
	VII. Trias	17. **Keuper**	Obertrias
		16. **Muschelkalk**	Mitteltrias
		15. **Buntsand**	Untertrias
II. Paläolithische Terrains oder paläozoische (primäre) Schichtengruppen	VI. Permisches (Neurothsand)	14. **Zechstein**	Oberpermische
		13. **Neurothsand**	Unterpermische
	V. Carbonisches (Steinkohle)	12. **Kohlensand**	Obercarbonische
		11. **Kohlenkalk**	Untercarbonische
	IV. Devonisches (Altrothsand)	10. **Pilton**	Oberdevonische
		9. **Ilfracombe**	Mitteldevonische
		8. **Linton**	Unterdevonische
I. Archolithische Terrains oder archozoische (primordiale) Schichtengruppen	III. Silurisches	7. **Ludlow**	Obersilurische
		6. **Wenlock**	Mittelsilurische
		5. **Landeilo**	Untersilurische
	II. Cambrisches	4. **Potsdam**	Obercambrische
		3. **Longmynd**	Untercambrische
	I. Laurentisches	2. **Labrador**	Oberlaurentische
		1. **Ottawa**	Unterlaurentische

Auf das primordiale Zeitalter folgt ein zweiter, beträchtlich langer Zeitabschnitt, der das paläolithische (paläozoische oder primäre) Zeitalter genannt wird und ebenfalls in drei Perioden zerfällt: in die devonische, carbonische und permische Periode. Während der devonischen Periode wurde der »alte rothe Sandstein« oder das devonische System gebildet: während der carbonischen oder Steinkohlenzeit wurden die mächtigen Steinkohlenflötze abgelagert, die uns unser wichtigstes Brennmaterial liefern; in der permischen Periode endlich (oder der Dyas-Periode) wurde der neue rothe Sandstein und der Zechstein nebst dem Kupferschiefer gebildet. Die ungefähre Mächtigkeit dieser Schichtengruppen zusammengenommen wird auf höchstens 42,000 Fuss geschätzt: einige nehmen noch etwas mehr, andere beträchtlich weniger an. Jedenfalls ist dieser paläolithische Zeitraum, als Ganzes genommen, bedeutend kürzer als der archolithische, hingegen bedeutend länger als alle noch darauf folgenden Zeiträume zusammengenommen. Die Gebirgsschichten, welche während dieses primären Zeitalters abgelagert wurden, liefern uns versteinerte Thier-Reste in grosser Menge; ausser zahlreichen Arten von Wirbellosen auch sehr viele Wirbelthiere, und zwar ganz überwiegend Fische. Schon während der devonischen, ebenso aber auch während der Steinkohlen- und der permischen Periode existirte eine so grosse Anzahl von Fischen, besonders von Urfischen (Haifischen) und Schmelzfischen, dass wir die ganze paläolithische Hauptperiode als das Zeitalter der Fische bezeichnen können. Insbesondere sind die paläozoischen Schmelzfische oder Ganoiden durch zahlreiche Formen vertreten.

Während dieses Zeitalters begannen aber auch schon einzelne Fische sich an das Landleben zu gewöhnen und gaben so der Amphibien-Klasse den Ursprung. Schon im Steinkohlensystem finden wir versteinerte Reste von Amphibien, den ältesten landbewohnenden und luftathmenden Wirbelthieren. Die Mannichfaltigkeit dieser Amphibien wächst in dem permischen Zeitraum. Gegen Ende desselben scheinen auch bereits die ersten Amnionthiere, die Stammeltern der drei höheren Wirbelthier-Klassen, aufzutreten. Das sind einzelne eidechsenartige Thiere, von denen der Proterosaurus aus dem Kupferschiefer von Eisenach der bekannteste ist. Die Entstehung der ältesten Amnioten, unter denen sich jedenfalls die gemeinsame Stammform der Reptilien, Vögel und Säugethiere befunden haben muss, scheint in der That durch diese ältesten Reptilien-Reste in das Ende des paläolithischen Zeitalters verlegt zu werden. Die Vorfahren des

Menschengeschlechtes werden mithin während dieses Zeitalters anfänglich durch echte Fische, später durch Lurchfische und Amphibien, und zuletzt durch die ältesten Amnionthiere, durch die Protamnien, vertreten gewesen sein.

An das paläolithische Zeitalter schliesst sich als dritter Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte das mesolithische oder secundäre Zeitalter an. Auch dieses wird wiederum in drei kleinere Abschnitte eingetheilt: in die Trias-, Jura- und Kreide-Periode. Die Mächtigkeit der Schichtengruppen, welche während dieser drei Perioden, vom Beginne der Trias-Zeit bis zum Ende der Kreide-Zeit, abgelagert wurden, beträgt zusammengenommen ungefähr gegen 15,000 Fuss, also noch nicht die Hälfte von der Dicke der paläolithischen Ablagerungen. Während dieses Zeitalters fand innerhalb aller Abtheilungen des Thierreiches eine sehr üppige und mannichfaltige Entwickelung statt. Insbesondere im Wirbelthier-Stamme entwickelte sich eine Masse von neuen und interessanten Formen. Unter den Fischen treten zum ersten Male die Knochenfische auf. In ganz überwiegender Mannichfaltigkeit und Artenmenge aber erscheinen die Reptilien, unter denen die ausgestorbenen riesigen Drachen (Dinosaurier), die Seedrachen (Halisaurier) und die fliegenden Eidechsen (Pterosaurier) die merkwürdigsten und bekanntesten sind. Entsprechend dieser Herrschaft der Reptilien-Klasse bezeichnet man diesen Abschnitt wohl als das Zeitalter der Reptilien. Ausserdem aber entwickelte sich während dieses Zeitabschnittes auch die Klasse der Vögel, und zwar hat diese unzweifelhaft aus einer Abtheilung der eidechsenartigen Reptilien ihren Ursprung genommen. Das beweist die übereinstimmende Embryologie der Vögel und Reptilien, ihre vergleichende Anatomie, und unter anderem auch der Umstand, dass wir aus dieser Periode noch versteinerte Vögel mit Zähnen in den Kiefern und mit Eidechsenschwanz (Odontornis, Archaeopteryx) kennen. Endlich trat aber während dieses Zeitraumes auch die vollkommenste und für uns wichtigste Wirbelthierklasse auf, die Klasse der Säugethiere. Die ältesten versteinerten Reste derselben sind in den jüngsten Triasschichten gefunden worden: Backenzähne von einem kleinen insectenfressenden Beutelthiere. Zahlreichere Reste finden sich etwas später im Jura, einzelne auch in der Kreide. Alle Reste von Säugethieren, welche wir aus diesem mesolithischen Zeitraume kennen, gehören der niederen Abtheilung der Beutelthiere an; und darunter haben sich ganz sicher auch Vorfahren des Menschen befunden. Hingegen ist noch kein einziger Ueberrest von einem höheren Säugethiere (einem

Placentalthiere) aus diesem ganzen Zeitraume mit Sicherheit bekannt. Diese letzte Hauptabtheilung der Säugethiere, zu welcher auch der Mensch gehört, entwickelte sich erst später, in der darauf folgenden Tertiärzeit.

Der vierte Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte, das tertiäre, caenozoische oder caenolithische Zeitalter, war von viel kürzerer Dauer als die vorhergehenden. Denn die Schichten, welche innerhalb dieses Zeitraumes abgelagert wurden, sind im Ganzen genommen nur ungefähr 3000 Fuss dick. Derselbe wird abermals in drei untergeordnete Abschnitte eingetheilt, welche man als eocaene, miocaene und pliocaene Periode bezeichnet. Innerhalb dieser Perioden fand die mannichfaltigste Entwickelung der höheren Thier- und Pflanzen-Klassen statt, und die Fauna und Flora unseres Erdballs näherte sich jetzt immer mehr dem Charakter, den sie noch gegenwärtig besitzt. Insbesondere gewann nun die höchst entwickelte Thierklasse, diejenige der Säugethiere, das Uebergewicht. Man kann daher diese tertiäre Hauptperiode geradezu als das Zeitalter der Säugethiere bezeichnen. Jetzt erst tritt die vollkommenste Abtheilung derselben auf, diejenige der Placentalthiere, zu welcher auch das Menschengeschlecht gehört. Das erste Auftreten des Menschen, oder schärfer ausgedrückt: die Entwickelung des Menschen aus der nächstverwandten Affenform, fällt wahrscheinlich entweder in die miocaene oder pliocaene Periode, in den mittleren oder in den letzten Abschnitt des tertiären Zeitalters. Vielleicht ist auch, wie Andere annehmen, der eigentliche, d. h. der mit Sprache begabte Mensch, erst in dem darauf folgenden anthropolithischen Zeitalter aus dem sprachlosen Affenmenschen hervorgegangen.

In diesen fünften und letzten Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte fällt jedenfalls erst die vollständige Entwickelung und Ausbreitung der verschiedenen Menschenarten, und eben deshalb hat man denselben das anthropolithische oder anthropozoische oder auch wohl das quartäre Zeitalter genannt. Allerdings können wir bei dem unvollständigen Zustande unserer paläontologischen und urgeschichtlichen Kenntnisse jetzt noch nicht die Frage lösen, ob die Entwickelung des Menschengeschlechtes aus den nächst verwandten Affenformen erst im Anfange dieses anthropolithischen Zeitalters oder bereits um die Mitte oder gegen Ende des vorhergehenden tertiären Zeitraumes stattfand. Allein so viel ist wohl sicher, dass die eigentliche Entwickelung der menschlichen Cultur erst in das anthropolithische Zeitalter fällt, und dass dieses nur einen ver-

schwindend kleinen Abschnitt von dem ganzen ungeheuren Zeitraume der organischen Erdgeschichte umfasst. Wenn man dies bedenkt, erscheint es als eine lächerliche Anmaassung des Menschen, dass er die kurze Spanne seiner Culturzeit als die »Weltgeschichte« bezeichnet. Diese sogenannte »Weltgeschichte« ist nach ungefährer Schätzung noch nicht ein halbes Procent von der Länge der ungeheuren Zeiträume, welche seit dem Beginne der organischen Erdgeschichte bis zur Gegenwart verflossen sind. Denn diese Weltgeschichte oder richtiger, die Völkergeschichte, ist selbst nur wieder die letzte Hälfte des anthropolithischen Zeitraumes, während die erste Hälfte desselben noch als vorhistorische Periode bezeichnet werden muss. Man kann daher diese letzte Hauptperiode, welche vom Ende der caenolithischen Periode bis zur Gegenwart reicht, auch nur insofern als das Zeitalter des Menschengeschlechts bezeichnen, als während desselben die Ausbreitung und Differenzirung der verschiedenen Menschen-Arten und Rassen stattfand, welche so mächtig umgestaltend auf die gesammte übrige organische Bevölkerung der Erde einwirkte.

Die menschliche Eitelkeit und der menschliche Hochmuth haben seit dem Erwachen des Menschenbewusstseins sich besonders in dem Gedanken gefallen, den Menschen als den eigentlichen Hauptzweck und das Ziel alles Erdenlebens, als den Mittelpunkt der irdischen Natur anzusehen, zu dessen Dienste und Nutzen das ganze übrige Getriebe der letzteren von einer »weisen Vorsehung« von Anfang an vorher bestimmt oder praedestinirt sei. Wie völlig unberechtigt diese anmaassenden anthropocentrischen Einbildungen sind, beweist Nichts schlagender, als die Vergleichung der Länge des anthropozoischen oder quartären Zeitalters mit denjenigen der vorhergehenden Zeiträume. Denn wenn auch das anthropolithische Zeitalter mehrere Hunderttausend Jahre umfassen mag, was bedeutet diese Zeitspanne, verglichen mit den Millionen von Jahren, welche seit Beginn der organischen Erdgeschichte bis zum ersten Auftreten des Menschengeschlechts verflossen sind?

Wenn wir den gesammten Zeitraum der organischen Erdgeschichte, von der Urzeugung der ersten Moneren an bis auf den heutigen Tag, in hundert gleiche Theile theilen, und wenn wir dann, entsprechend dem relativen durchschnittlichen Dicken-Verhältniss der inzwischen abgelagerten Schichten-Systeme, die relative Zeitdauer jener fünf Hauptabschnitte oder Zeitalter nach Procenten berechnen, so erhalten wir für die letzteren ungefähr folgendes Längen-Verhältniss:

I.	Archolithische oder archozoische (primordiale) Zeit	53,6
II.	Palaeolithische oder palaeozoische (primäre) Zeit	32,1
III.	Mesolithische oder mesozoische (secundäre) Zeit	11,5
IV.	Caenolithische oder caenozoische (tertiäre) Zeit	2,3
V.	Anthropolithische oder anthropozoische (quartäre) Zeit	0,5
	Summa:	100,0

Anschaulicher noch zeigt Ihnen dieses relative Längen-Verhältniss der fünf Hauptperioden der organischen Erdgeschichte die gegenüberstehende Tabelle, in welcher die verhältnissmässige Dicke der innerhalb derselben abgelagerten Schichten-Systeme jenen Maassverhältnissen entsprechend angegeben ist. Sie sehen hier, wie der Zeitraum der sogenannten »Weltgeschichte« nur eine verschwindende Zeitspanne gegenüber der unermesslichen Länge der früheren Zeitalter bildet, in welchen von menschlichen Existenzen auf unserem Planeten noch gar keine Rede war. Selbst das wichtige caenozoische Zeitalter oder die sogenannte Tertiär-Zeit, innerhalb deren erst sich die Placentalthiere oder die höheren Säugethiere entwickelten, beträgt wenig über zwei Procent von der gesammten ungeheuren Länge der organischen Erdgeschichte. [128])

Bevor wir nun jetzt an unsere eigentliche phylogenetische Aufgabe herantreten und gestützt auf unsere ontogenetischen Erfahrungen und auf das biogenetische Grundgesetz die paläontologische Entwickelungsgeschichte unserer thierischen Vorfahren innerhalb jener Zeiträume Schritt für Schritt verfolgen, lassen Sie uns noch einen kurzen Ausflug in ein anderes, scheinbar sehr verschiedenes und entferntes wissenschaftliches Gebiet unternehmen, dessen allgemeine Betrachtung die Lösung der jetzt an uns herantretenden schwierigen Fragen sehr erleichtern wird. Das ist das Gebiet der vergleichenden Sprachforschung. Seitdem DARWIN durch seine Selections-Theorie neues Leben in die Biologie gebracht und überall die fundamentale Entwicklungs-Frage angeregt hat, seitdem ist schon vielfach und von sehr verschiedenen Seiten her auf die merkwürdige Uebereinstimmung hingewiesen worden, welche zwischen der Entwickelung der verschiedenen menschlichen Sprachen und derjenigen der organischen Arten besteht. Dieser Vergleich ist vollkommen berechtigt und sehr lehrreich. In der That giebt es wohl kaum eine treffendere Analogie, wenn man sich über viele schwierige und dunkle Verhältnisse in der Entwickelungsgeschichte der Species volle Klarheit verschaffen will. Denn die letztere wird durch dieselben Naturgesetze beherrscht und geleitet, wie der Entwickelungsgang der Sprachen.

Vierzehnte Tabelle.

Uebersicht der neptunischen versteinerungsführenden Schichten-Systeme der Erdrinde mit Bezug auf ihre verhältnissmässige durchschnittliche Dicke. (130,000 Fuss circa.)

IV. Caenolithische Schichten-Systeme. Circa 3000 Fuss.	**Pliocaen, Miocaen, Eocaen.**
III. Mesolithische Schichten-Systeme. Ablagerungen der Secundärzeit. Circa 15,000 Fuss.	IX. Kreide-System.
	VIII. Jura-System.
	VII. Trias-System.
II. Paläolithische Schichten - Systeme. Ablagerungen der Primärzeit. Circa 42,000 Fuss.	VI. Permisches System.
	V. Steinkohlen-System.
	IV. Devonisches System.
I. Archolithische Schichten - Systeme. Ablagerungen der Primordialzeit. Circa 70,000 Fuss.	III. Silurisches System. Circa 22,000 Fuss.
	II. Cambrisches System. Circa 18,000 Fuss.
	I. Laurentisches System. Circa 30,000 Fuss.



Alle Sprachforscher, welche nur einigermaassen mit der Wissenschaft fortgeschritten sind, nehmen jetzt übereinstimmend an, dass alle menschlichen Sprachen sich langsam und allmählich aus einfachsten Anfängen entwickelt haben. Hingegen ist der wunderliche, noch vor dreissig Jahren von angesehenen Autoritäten vertheidigte Satz, dass die Sprache ein göttliches Geschenk sei, jetzt wohl ganz allgemein verlassen und wird höchstens noch von Theologen und von solchen Leuten vertheidigt, die überhaupt von natürlicher Entwickelung keine Vorstellung haben. Angesichts der glänzenden Resultate der vergleichenden Sprachforschung muss man in der That sich die Augen mit beiden Händen zuhalten, wenn man die natürliche Entwickelung der Sprache nicht sehen will. Für den Naturforscher ist diese eigentlich selbstverständlich. Denn die Sprache ist eine physiologische Funktion des menschlichen Organismus, welche sich gleichzeitig mit ihren Organen, dem Kehlkopfe und der Zunge, und gleichzeitig mit den Gehirnfunktionen entwickelt hat. Wir werden es daher auch ganz natürlich finden, wenn wir in der Entwickelungsgeschichte und in der Systematik der Sprachen ganz dieselben Verhältnisse wieder antreffen, wie in der Entwickelungsgeschichte und Systematik der organischen Arten oder Species. Die verschiedenen kleineren und grösseren Gruppen von Sprachformen, welche die vergleichende Sprachforschung als Ursprachen, Grundsprachen, Muttersprachen, Tochtersprachen, Dialekte, Mundarten u. s. w. unterscheidet, entsprechen in ihrer Entwickelungsweise vollständig den verschiedenen kleineren und grösseren Formen-Kategorien, welche wir im zoologischen und botanischen Systeme als Stämme, Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen, Arten, Spielarten des Thierreiches und Pflanzenreiches classificiren. Das Verhältniss dieser verschiedenen, theils neben, theils über einander geordneten Gruppenstufen oder Kategorien des Systems ist in beiden Fällen ganz dasselbe: aber auch die Entwickelung derselben erfolgt hier wie dort in derselben Weise. Dieser lehrreiche Vergleich ist zuerst von einem unserer bedeutendsten vergleichenden Sprachforscher näher ausgeführt worden, von dem leider zu früh verstorbenen AUGUST SCHLEICHER, der gleichzeitig ein kenntnissreicher Botaniker war. In seinen grösseren Werken finden Sie die »vergleichende Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Sprachen« ganz nach derselben phylogenetischen Methode behandelt, nach welcher wir in der vergleichenden Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Thierformen verfahren. Speciell durchgeführt hat er dieselbe an dem Stamme der indogermanischen Sprachen, und in der

kleinen Schrift über »Die DARWIN'sche Theorie und die Sprachwissenschaft« durch einen interessanten Stammbaum des indogermanischen Sprachstammes erläutert [129].

Wenn Sie mit Hülfe dieses Stammbaumes die Ausbildung der verschiedenen Sprachzweige, welche aus der gemeinsamen Wurzel der indogermanischen Ursprache sich entwickelt haben, verfolgen, so werden Sie ein ausserordentlich klares Bild von der Phylogenie derselben erhalten. Sie werden sich zugleich überzeugen, wie diese vielfach der Entwickelung der grösseren und kleineren Gruppen von Wirbelthieren analog ist, welche sich aus der gemeinsamen Stammform des Urwirbelthieres entwickelt haben. Jene uralte indogermanische Wurzelsprache hat sich zunächst in zwei Hauptstämme gesondert: einen slavogermanischen und einen arioromanischen Hauptstamm oder Urstamm. Der slavogermanische Urstamm gabelte sich dann wieder in eine germanische Ursprache und eine slavo-lettische Ursprache. Ebenso spaltete sich der arioromanische Urstamm in eine arische Ursprache und eine gräcoromanische Ursprache (S. 395). Verfolgen wir den Stammbaum dieser vier indogermanischen Ursprachen noch weiter, so finden wir, dass sich unsere uralte germanische Ursprache in drei Hauptzweige theilte, in eine scandinavische, eine gothische und eine deutsche Grundsprache. Aus der deutschen Grundsprache ging einerseits das Hochdeutsche, anderseits das Niederdeutsche hervor, zu welchem letzteren die verschiedenen friesischen, sächsischen und plattdeutschen Mundarten gehören. In ähnlicher Weise entwickelte sich die slavo-lettische Ursprache, die sich zunächst in eine baltische und in eine slavische Grundsprache theilte. Aus der baltischen Grundsprache gingen die lettischen, litauischen und altpreussischen Mundarten hervor. Aus der slavischen Grundsprache hingegen entwickelten sich einerseits im Südosten die russischen und südslavischen Mundarten, anderseits im Westen die polnischen und cechischen Mundarten.

Werfen wir anderseits noch einen Blick auf die Verzweigung des anderen Hauptstammes der indogermanischen Sprachen, auf den arioromanischen Urstamm, so treffen wir eine nicht minder reiche Verzweigung seiner beiden Hauptäste an. Die gräcoromanische Ursprache spaltete sich einerseits in die thracische Grundsprache (albanesisch-griechisch), anderseits in die italokeltische Grundsprache. Aus der letzteren haben sich abermals zwei divergirende Zweige hervorgebildet, im Süden der italische Sprachzweig (romanisch und lateinisch), im Norden der keltische Sprachzweig, aus welchem alle die verschie-

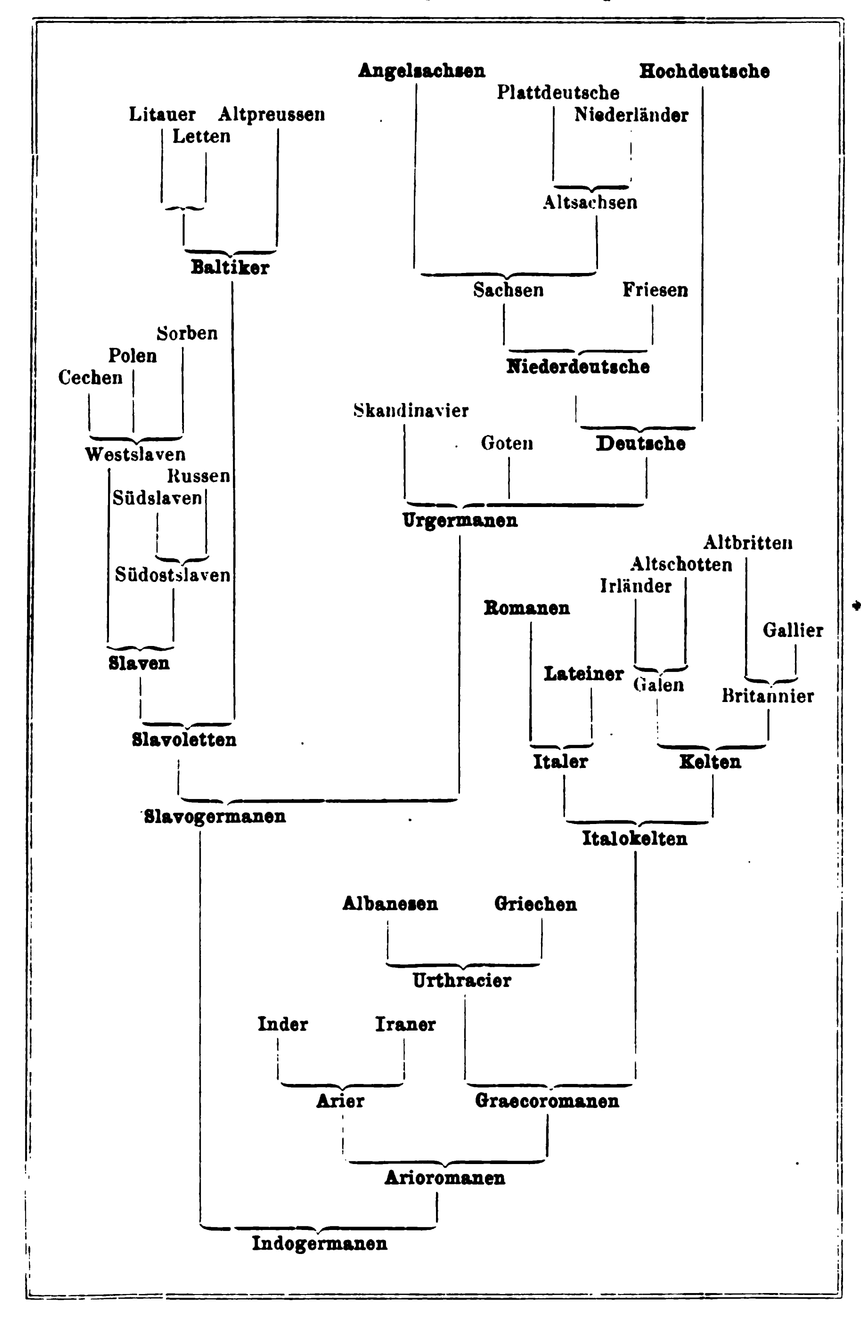
denen britannischen altbritischen, altschottischen, irischen und gallischen Mundarten hervorgingen. Ebenso entstanden aus wiederholter Verzweigung der arischen Ursprache alle die zahlreichen iranischen und indischen Mundarten.

Die nähere Verfolgung dieses Stammbaumes der indogermanischen Sprachen ist in vieler Beziehung vom höchsten Interesse. Die vergleichende Sprachforschung, der wir die Erkenntniss desselben verdanken, bewährt sich dabei als eine echte Wissenschaft, als eine Naturwissenschaft! Ja, sie hat die phylogenetische Methode, mit der wir jetzt im Gebiete der Zoologie und Botanik die grössten Erfolge erzielen, auf ihrem Gebiete schon längst anticipirt. Ich kann hierbei die Bemerkung nicht unterdrücken, wie viel besser es um unsere allgemeine Bildung stehen würde, wenn in unseren Schulen die Sprachforschung sicher eines der wichtigsten Bildungsmittel!) vergleichend betrieben würde, wenn an die Stelle unserer todten und trockenen Philologie die lebendige und vielseitig anregende »vergleichende Sprachlehre« treten würde. Diese letztere verhält sich zur ersteren ganz ebenso wie die lebendige Entwickelungsgeschichte der Organismen zur todten Systematik der Arten. Wie viel mehr Interesse am Sprachstudium würden die Schüler in unseren Gymnasien gewinnen und wie viele lebendige Anschauungen nebenbei ernten, wenn sie nur die ersten Elemente der vergleichenden Sprachforschung lernten, statt mit der abschreckenden Composition lateinischer Aufsätze in ciceronianischem Style geplagt zu werden!

Ich bin hier deshalb etwas näher auf die »vergleichende Anatomie« und Entwickelungsgeschichte der Sprachen eingegangen, weil sie in ganz vorzüglicher Weise die Phylogenie der organischen Species erläutert. Wie Sie sehen, entsprechen nach Bau und Entwickelung die Ursprachen, Muttersprachen, Tochtersprachen und Mundarten in der That vollständig den Klassen, Ordnungen, Gattungen und Arten des Thierreiches. Das »natürliche System« ist hier wie dort phylogenetisch. Wie wir durch die vergleichende Anatomie und Ontogenie und durch die Paläontologie zu der festen Ueberzeugung geführt werden, dass alle ausgestorbenen und lebenden Wirbelthiere von einer gemeinsamen Grundform abstammen, so gelangen wir durch das vergleichende Studium der ausgestorbenen und lebenden indogermanischen Sprachen zu der unerschütterlichen Ueberzeugung einer gemeinsamen Abstammung aller dieser Sprachen von einer gemeinsamen Ursprache. Das ist die übereinstimmende monophyletische Ansicht

Fünfzehnte Tabelle.

Stammbaum der indogermanischen Sprachen.



aller bedeutenden Linguisten, welche dieses Gebiet bearbeitet haben und welche eines kritischen Urtheils fähig sind[130].

Derjenige Punkt aber, auf den ich Sie bei diesem Vergleiche der verschiedenen indogermanischen Sprachzweige mit den verschiedenen Zweigen des Wirbelthierstammes ganz besonders aufmerksam machen möchte, ist der, dass Sie niemals die directen Descendenten mit den Seitenlinien, und ebenso niemals ausgestorbene Formen mit lebenden verwechseln dürfen. Diese Verwechselung geschieht sehr häufig, und unsere Gegner benutzen sehr oft die aus solchen Verwechselungen entspringenden irrthümlichen Vorstellungen, um die Descendenz-Theorie überhaupt zu bekämpfen. Wenn wir z. B. die Behauptung aufstellen, dass der Mensch vom Affen und dieser letztere vom Halbaffen, sowie der Halbaffe vom Beutelthiere abstamme, so denken sehr viele Leute dabei nur an die bekannten noch lebenden Arten dieser verschiedenen Säugethier-Ordnungen, welche ausgestopft in unseren Museen sich befinden. Unsere Gegner aber schieben uns selbst diese irrthümliche Auffassung unter, und behaupten mit mehr Hinterlist als Verstand, dass das ganz unmöglich sei, oder verlangen wohl gar, dass wir auf dem Wege des physiologischen Experimentes ein Känguruh in einen Halbaffen, diesen letzteren in einen Gorilla und den Gorilla in einen Menschen verwandeln sollen! Dieses Verlangen ist eben so kindisch, als jene Auffassung irrig ist. Denn alle diese noch lebenden Formen haben sich mehr oder weniger von der gemeinsamen Stammform entfernt und keine von ihnen kann dieselbe divergirende Nachkommenschaft erzeugen, welche jene Stammform vor Jahrtausenden wirklich erzeugt hat[131].

Unzweifelhaft stammt der Mensch von einer ausgestorbenen Säugethier-Form ab, welche wir sicher in die Ordnung der Affen stellen würden, wenn wir sie vor uns sehen könnten. Ebenso unzweifelhaft stammt dieser Uraffe wiederum von einem unbekannten Halbaffen und der letztere von einem ausgestorbenen Beutelthiere ab. Aber ebenso unzweifelhaft ist es, dass alle diese ausgestorbenen Ahnen-Formen nur ihrem *wesentlichen inneren Bau* nach und wegen der Uebereinstimmung in den *entscheidenden anatomischen Ordnungs-Charakteren* als Angehörige jener noch lebenden Säugethier-Ordnungen angesprochen werden dürfen. In der äusseren Form, in den Genus- und Species-Charakteren werden sie mehr oder weniger, vielleicht sogar sehr bedeutend von allen lebenden Vertretern jener Ordnungen verschieden gewesen sein. Denn es muss als ein ganz allgemeiner und natürlicher Vorgang in der phylogenetischen

Entwickelung gelten, dass die Stammformen selbst mit ihren specifischen Eigenthümlichkeiten seit längerer oder kürzerer Zeit ausgestorben sind. Diejenigen Formen, welche ihnen unter den lebenden Arten am nächsten stehen, sind doch mehr oder weniger, vielleicht sehr wesentlich von ihnen verschieden. Es kann sich also bei unseren phylogenetischen Untersuchungen und bei der vergleichenden Betrachtung der noch lebenden divergirenden Nachkommen nur darum handeln, den näheren oder weiteren Abstand der letzteren von der Stammform zu bestimmen. Wir können mit voller Sicherheit annehmen, dass keine einzige ältere Stammform sich bis heute unverändert fortgepflanzt hat.

Ganz dasselbe Verhältniss treffen wir bei Vergleichung der verschiedenen ausgestorbenen und lebenden Sprachen wieder, welche sich aus einer und derselben gemeinsamen Ursprache entwickelten. Wenn wir in diesem Sinne unseren Stammbaum der indogermanischen Sprachen betrachten, so werden wir von vornherein schliessen dürfen, dass alle die älteren Ursprachen, Grundsprachen und Muttersprachen, als deren divergirende Töchter- und Enkel-Sprachen wir die heute lebenden Mundarten dieses Stammes betrachten müssen, seit längerer oder kürzerer Zeit ausgestorben sind. Und das ist auch in der That der Fall. Die arioromanische und die slavogermanische Hauptsprache sind längst völlig ausgestorben, ebenso die arische und die gräcoromanische, die slavolettische und die germanische Ursprache. Aber auch deren Töchter und Enkelinnen sind längst ausgestorben, und alle heute lebenden indogermanischen Sprachen sind nur insofern verwandt, als sie divergirende Nachkommen von gemeinsamen Stammformen sind. Die einen haben sich mehr, die anderen weniger von diesen Stammformen entfernt.

Diese klar nachweisbare Thatsache erläutert vortrefflich das analoge Verhältniss in der Descendenz der Wirbelthier-Arten. Die phylogenetische »vergleichende Sprachforschung« unterstützt hier als mächtiger Bundesgenosse die phylogenetische »vergleichende Zoologie«. Die erstere kann aber den Beweis viel directer führen, als die letztere, weil das paläontologische Material der Sprachforschung, nämlich die alten Schriftdenkmale der ausgestorbenen Sprachen, ungleich vollständiger erhalten sind, als das paläontologische Material der ersteren, als die versteinerten Knochen der Wirbelthiere. Je weiter Sie über dieses analoge Verhältniss nachdenken, desto mehr werden Sie sich überzeugen, wie zutreffend dasselbe ist.

Sie werden bald sehen, dass wir im Stande sind, den Stammbaum des Menschen nicht allein auf die niederen Säugethiere, sondern auch weiter hinab auf die Amphibien, noch weiter hinunter auf haifischartige Urfische, und endlich noch viel tiefer hinunter auf schädellose Wirbelthiere zurückzuführen, welche dem Amphioxus nahe standen. Wie Sie nun wohl einsehen werden, ist das niemals so zu verstehen, als ob der heute noch lebende Amphioxus, die heutigen Haifische, die heutigen Amphibien uns irgend eine genaue Vorstellung von dem äusseren Ansehen der betreffenden Stammformen geben könnten. Noch viel weniger ist es so zu verstehen, als ob der Amphioxus, oder irgend ein Haifisch der Gegenwart, oder irgend eine noch lebende Amphibien-Art eine wirkliche Stammform der höheren Wirbelthiere und des Menschen sei. Vielmehr ist jene wichtige Behauptung vernünftiger Weise stets nur so zu verstehen, dass die angeführten lebenden Formen Seitenlinien sind, welche den ausgestorbenen gemeinsamen Stammformen viel näher verwandt und viel ähnlicher geblieben sind, als alle anderen uns bekannten Thierformen. Sie sind ihnen in Bezug auf den charakteristischen inneren Körperbau so ähnlich geblieben, dass wir sie mit den unbekannten Stammformen zusammen in eine Klasse stellen würden, wenn wir letztere lebend vor uns hätten. Aber niemals haben sich directe Descendenten der Urformen unverändert erhalten. Daher bleibt die Annahme ganz ausgeschlossen, dass unter den heute noch lebenden Thierarten directe Vorfahren des Menschengeschlechts in ihren charakteristischen Species-Formen zu finden wären. Das Wesentliche und Charakteristische, welches die lebenden Formen noch mit den gemeinsamen ausgestorbenen Stammformen mehr oder weniger eng verbindet, liegt im inneren Bau des Körpers, nicht in der äusseren Species-Form. Die letztere ist durch Anpassung vielfach abgeändert. Der erstere hat sich durch Vererbung mehr oder weniger erhalten.

Die vergleichende Anatomie und Ontogenie führt den unwiderleglichen Beweis, dass der Mensch ein echtes Wirbelthier ist, und demnach muss auch der specielle Stammbaum des Menschen naturgemäss mit dem Stammbaum aller derjenigen Wirbelthiere zusammenhängen, welche mit ihm von derselben gemeinsamen Wurzel abstammen. Nun können wir aber aus vielen gewichtigen Gründen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie für alle Wirbelthiere nur einen gemeinsamen Ursprung annehmen, nur eine monophyletische Descendenz behaupten. Wenn überhaupt die Descendenz-Theorie richtig ist, so können

alle Wirbelthiere mit Inbegriff des Menschen nur von einer einzigen gemeinsamen Stammform, von einer einzigen »Urwirbelthier«-Art abstammen. Daher wird der Stammbaum der Wirbelthiere zugleich der Stammbaum des Menschengeschlechts sein.

Unsere Aufgabe, den Stammbaum des Menschen zu erkennen, erweitert sich demnach zu der umfassenderen Aufgabe, den Stammbaum des ganzen Wirbelthierstammes zu construiren. Dieser hängt nun, wie Sie bereits aus der vergleichenden Anatomie und Ontogenie des Amphioxus und der Ascidie wissen, mit dem Stammbaum der wirbellosen Thiere zusammen, und zwar unmittelbar mit demjenigen der Würmer, während kein Zusammenhang desselben mit den selbstständigen Thierstämmen der Gliederthiere, Weichthiere und Sternthiere nachzuweisen ist. Da die Ascidie zu den Mantelthieren gehört, und da wir diese Thierklasse nur in der gestaltenreichen Abtheilung des Würmerstammes unterbringen können, so müssen wir also weiterhin unseren Stammbaum mit Hülfe der vergleichenden Anatomie und Ontogenie durch verschiedene Stufen hinab bis zu den niedersten Würmern verfolgen. Da gelangen wir nun unfehlbar zu der Gasträa, jener höchst wichtigen Thierform, die uns das denkbar einfachste Urbild eines Thieres mit zwei Keimblättern vorführt. Die Gasträa selbst kann nur wieder aus jenem niedersten Kreise der allereinfachsten Thierformen ihren Ursprung genommen haben, welche heutzutage unter dem Namen der Urthiere oder Protozoen zusammengefasst werden. Unter diesen haben wir bereits die für uns wichtigste Urform in Betracht gezogen: die einzellige Amoebe, deren ausserordentliche Bedeutung auf der Vergleichung mit der menschlichen Eizelle beruht. Damit haben wir den tiefsten von den unerschütterlichen Punkten erreicht, an welchem unser biogenetisches Grundgesetz unmittelbar zu verwerthen ist, und an welchem wir aus dem embryonalen Entwickelungszustande direct auf die ausgestorbene Stammform schliessen können. Die amoeboide Beschaffenheit der jugendlichen Eizelle, sowie der einzellige Zustand, in welchem jeder Mensch als einfache Stammzelle oder Cytula sein individuelles Dasein beginnt, berechtigen uns zu der Behauptung, dass auch die ältesten Vorfahren des Menschengeschlechts (wie des Thierreichs überhaupt) einfache amoeboide Zellen waren.

Hier tritt uns aber die weitere Frage entgegen: »Wo sind im ersten Beginn der organischen Erdgeschichte, im Anfange der laurentischen Periode, die ältesten Amoeben hergekommen?« Darauf giebt es nur eine Antwort. Wie alle einzelligen Organismen, können sich

auch die Amoeben ursprünglich nur aus den einfachsten Organismen entwickelt haben, die wir kennen, aus den Moneren. Diese Ihnen bereits bekannten Moneren sind zugleich die einfachsten Organismen, die wir uns überhaupt denken können. Denn ihr ganzer Körper besitzt noch gar keine bestimmte Form und ist weiter Nichts als ein Stückchen Urschleim oder Plasson, ein Klümpchen jener lebendigen, alle wesentlichen Lebensfunctionen bereits vollziehenden Eiweissmasse, die ursprünglich die materielle Basis des Lebens bildete. Wir kommen damit an die letzte, oder, wenn wir lieber wollen, an die erste Frage der Entwickelungsgeschichte, an die Frage von der ersten Entstehung der Moneren. Das ist aber zugleich die wichtige Frage nach dem ersten Ursprung des Lebens, die Frage von der Urzeugung (*Generatio spontanea* oder *aequivoca*).

Wir haben in diesen Vorträgen keine Zeit und auch keine Veranlassung, auf die schwierige Frage von der Urzeugung näher einzugehen. Ich muss Sie in dieser Beziehung auf meine »Natürliche Schöpfungsgeschichte« und besonders auf das zweite Buch der »Generellen Morphologie« verweisen, sowie auf die speciellen Erörterungen über »die Moneren und die Urzeugung« in meinen »Studien über Moneren und andere Protisten«. [132]) Dort habe ich meine persönliche Auffassung dieser wichtigen Frage sehr ausführlich begründet. Hier will ich nur mit ein paar Worten das dunkle Problem von der ersten Entstehung des Lebens berühren und insoweit beantworten, als unsere principielle Auffassung der organischen Entwickelungsgeschichte davon berührt wird. In demjenigen bestimmt begrenzten Sinne, in welchem ich die Urzeugung oder *Generatio spontanea* vertheidige, und sie als eine unentbehrliche Hypothese für den ersten Anfang des Lebens auf der Erde in Anspruch nehmen muss, begreift sie lediglich die Entstehung der Moneren aus anorganischen Kohlenstoff-Verbindungen. Als zum ersten Male lebendige Naturkörper auf unserem bis dahin unbelebten Planeten auftraten, muss sich zunächst auf rein chemischem Wege aus rein anorganischen Kohlenstoff-Verbindungen jene höchst zusammengesetzte stickstoffhaltige Kohlenstoff-Verbindung gebildet haben, welche wir Plasson oder »Urschleim« nennen und welche der älteste materielle Träger aller Lebensthätigkeiten ist. Auf dem tiefsten Grunde des Meeres lebt noch heute solch homogenes formloses »Plasson« unter dem Namen *Bathybius* in seiner allereinfachsten Beschaffenheit. Jedes individuelle lebende Stückchen dieser structurlosen Masse nennen wir ein Moner. Die ältesten Moneren entstanden im Meere durch Urzeugung.

analog Krystallen, welche sich in der Mutterlauge bilden. Diese Annahme wird von dem nüchternen Causalitäts-Bedürfniss der menschlichen Vernunft gefordert. Denn wenn wir einerseits bedenken, dass die ganze anorganische Erdgeschichte nach mechanischen Gesetzen ohne irgend welche schöpferischen Eingriffe abläuft, und wenn wir anderseits erwägen, dass auch die gesammte organische Erdgeschichte durch gleiche mechanische Gesetze bedingt wird, wenn wir ferner sehen, dass es für die Entstehung der verschiedenen Organismen keines übernatürlichen Eingriffes irgend einer Schöpferkraft bedarf, dann ist es gewiss vollkommen ungereimt, einen solchen übernatürlichen schöpferischen Eingriff für die erste Entstehung des Lebens auf unserer Erde anzunehmen. Jedenfalls sind wir Naturforscher verpflichtet, wenigstens den Versuch einer natürlichen Erklärung zu unternehmen.

Die vielbesprochene Urzeugungsfrage erscheint uns heute nur deshalb so sehr verwickelt, weil man eine Masse verschiedener und zum Theil ganz absurder Vorstellungen unter diesem Begriff der »Urzeugung« zusammengefasst, und weil man durch die rohesten Versuche dieselbe experimentell lösen zu können geglaubt hat. Widerlegt kann die Lehre von der Urzeugung auf dem Wege des Experimentes überhaupt nicht werden. Denn jedes Experiment mit negativem Erfolge beweist nur, dass unter den von uns angewendeten (— immer höchst künstlichen! —) Bedingungen kein Organismus aus anorganischen Verbindungen entstand. Bewiesen kann aber die Theorie von der Urzeugung durch das Experiment auch nur sehr schwierig werden; und wenn noch heute tagtäglich Moneren durch Urzeugung entstünden (was sehr möglich ist!), so würde der sichere empirische Nachweis dieses Vorganges äusserst schwierig, meistens wohl unmöglich sein. Wer aber für den ersten Ursprung des Lebens auf unserer Erde keine Urzeugung von Moneren in unserem Sinne annimmt, dem bleibt nichts Anderes übrig, als an ein übernatürliches Wunder zu glauben; und das ist in der That der verzweifelte Standpunkt, den noch heute viele sogenannte »exacte Naturforscher«, ihre eigene Vernunft preisgebend, einnehmen!

Allerdings hat ein berühmter englischer Physiker, William Thomson, die nothwendige Hypothese der Urzeugung durch die Annahme zu umgehen gesucht, dass die organischen Bewohner unserer Erde ursprünglich von Keimen abstammen, welche von lebendigen Bewohnern anderer Planeten herrühren und welche zufällig mit abgeschleuderten Bruchstücken der letzteren, mit Meteorsteinen, auf die



Erde gefallen seien. Diese Hypothese hat vielen Beifall gefunden und ist sogar von einem unserer berühmtesten Naturforscher, von HELMHOLTZ unterstützt worden. Indessen ist dieselbe schon durch den scharfsinnigen Physiker FRIEDRICH ZOELLNER widerlegt worden, in seinem ausgezeichneten naturphilosophischen Werke »Ueber die Natur der Cometen«, einem kritischen Buche, welches überhaupt die werthvollsten »Beiträge zur Geschichte und Theorie der Erkenntniss« enthält.[127] ZOELLNER hat daselbst einleuchtend gezeigt, wie unwissenschaftlich diese Hypothese in doppelter Beziehung ist, erstens in logischer oder formaler Beziehung, und zweitens ihrem wissenschaftlichen Inhalte nach (l. c. p. XXVI). Zugleich weist derselbe ganz richtig darauf hin, wie die Hypothese der Urzeugung in unserem Sinne die nothwendige »Bedingung für die Begreiflichkeit der Natur nach dem Causalitätsgesetze« ist.

Ich wiederhole aber schliesslich ausdrücklich — nur für Moneren — nur für die structurlosen »Organismen ohne Organe« — dürfen wir die Hypothese der Urzeugung zu Hülfe nehmen. Jeder differenzirte, jeder aus Organen zusammengesetzte Organismus kann erst durch Differenzirung seiner Theile, mithin durch Phylogenesis, aus einem indifferenteren und niederen Organismus entstanden sein! Wir können also nicht einmal für die Entstehung der einfachsten Zelle jemals einen Urzeugungs-Process annehmen. Denn selbst die einfachste Zelle besteht aus mindestens zwei verschiedenen Bestandtheilen: aus dem inneren festeren Kern (Nucleus) und aus der äusseren, weicheren Zellsubstanz oder dem Protoplasma. Diese beiden differenten Theile können erst durch Sonderung aus dem indifferenten Plasson eines Moneres, also einer Cytode, entstanden sein. Gerade deshalb ist die Naturgeschichte der Moneren vom höchsten Interesse: denn sie allein ist im Stande, die principiellen Schwierigkeiten der Urzeugungsfrage zu beseitigen. Die noch heute lebenden Moneren führen uns thatsächlich solche organlose und structurlose Organismen vor Augen, wie sie im ersten Beginne des organischen Lebens auf der Erde durch Urzeugung entstanden sein müssen.[133]

Sechzehnter Vortrag.

Die Ahnen-Reihe des Menschen.

I. Vom Moner bis zur Gastraea.

»Jetzt wird man freilich, wenn der Entwickelungsgang sich so unendlich einfach zeigt, finden, dass sich das Alles von selbst so verstehe und kaum der Bestätigung durch die Untersuchung bedurft hätte. Aber die Geschichte vom Ei des Columbus wiederholt sich täglich, und es kommt mir darauf an, es einmal auf den Ring gestellt zu haben. Wie langsam man übrigens in der Erkenntniss dessen, was sich von selbst versteht, fortschreitet, besonders wenn beachtenswerthe Autoritäten entgegenstehen, davon habe ich an mir selbst Erfahrungen genug gemacht.«

Carl Ernst Baer (1828).

Inhalt des sechzehnten Vortrages.

Verhältniss des generellen Inductions-Gesetzes der Descendenz-Theorie zu den speciellen Deductions-Gesetzen der Descendenz-Hypothesen. Unvollständigkeit der drei grossen Schöpfungsurkunden, der Paläontologie, Ontogenie und vergleichenden Anatomie. Ungleiche Sicherheit der verschiedenen speciellen Descendenz-Hypothesen. Die Ahnen-Reihe des Menschen in 22 Stufen: 8 wirbellose Ahnen und 14 Wirbelthier-Ahnen. Vertheilung dieser 22 Stammformen auf die fünf Hauptabschnitte der organischen Erdgeschichte. Erste Ahnenstufe: Moneren. Das structurlose und homogene Plasson der Moneren. Differenzirung des Plasson in Nucleus und Protoplasma bei den Zellen. Cytoden und Zellen als zwei verschiedene Plastiden-Formen. Lebenserscheinungen der Moneren. Organismen ohne Organe. Zweite Ahnenstufe: Amoeben; einzellige Urthiere von der einfachsten und indifferentesten Beschaffenheit. Die amoeboiden Eizellen. Das Ei ist älter als das Huhn. Dritte Ahnenstufe: Synamoebium, ontogenetisch wiederholt durch die Morula; Gemeinde von gleichartigen amoeboiden Zellen. Vierte Ahnenstufe: Planaea, ontogenetisch wiederholt durch die Blastula oder Planula. Fünfte Ahnenstufe: Gastraea, ontogenetisch wiederholt durch die Gastrula und die zweiblättrige Keimscheibe. Entstehung der Gastraea durch Einstülpung der Planaea. Haliphysema und Gastrophysema. Gasträaden der Gegenwart.

XVI.

Meine Herren!

An der Hand des leitenden biogenetischen Grundgesetzes und der sicher gewonnenen Schöpfungsurkunden wenden wir uns jetzt der interessanten Aufgabe zu, die thierischen Stammformen des Menschengeschlechts der Reihe nach zu ergründen. Um nun hier möglichst sicher zu gehen, müssen wir uns vor allem der verschiedenen Verstandes-Operationen bewusst werden, welche wir bei dieser naturphilosophischen Untersuchung zur Anwendung bringen. Diese Erkenntniss-Operationen sind theils inductiver, theils deductiver Natur: theils Schlüsse aus zahlreichen Einzel-Erfahrungen auf ein gemeinsames Gesetz; theils Rückschlüsse aus diesem allgemeinen Gesetz auf einzelne besondere Fälle.

Eine inductive Wissenschaft ist die gesammte Stammesgeschichte als Ganzes. Denn die ganze Descendenz-Theorie, als ein unentbehrlicher und höchst wesentlicher Bestandtheil der universalen Entwickelungs-Theorie, ist auf lauter Inductionen gegründet. Aus der Gesammtheit der biologischen Vorgänge im Pflanzenleben, im Thierleben und im Menschenleben haben wir uns die sichere inductive Vorstellung gebildet, dass die Gesammtheit der organischen Bevölkerung unseres Erdballs sich nach einem einheitlichen Entwickelungsgesetze gebildet hat. Dieses Entwickelungsgesetz hat unter der Hand von LAMARCK, DARWIN und deren Nachfolgern die bestimmte Form der Descendenz-Theorie angenommen. Alle die interessanten Erscheinungen, welche uns die Ontogenie, die Paläontologie die vergleichende Anatomie, die Dysteleologie, die Chorologie, die Oecologie der Organismen u. s. w. darbieten, — alle die wichtigen allgemeinen Gesetze, welche wir aus den Erscheinungsmassen dieser verschiedenen Wissenschaften abstrahiren, und welche unter sich in einem innigen harmonischen Zusammenhange stehen — sie alle sind die breiten inductiven Grundlagen jenes grössten biologischen Inductionsgesetzes. Weil alle die unendlich mannichfaltigen Erscheinungs-

massen dieser verschiedenen Gebiete in ihrem inneren Zusammenhange sich einzig und allein durch die Descendenz-Theorie erklären und begreifen lassen, deshalb müssen wir diese Entwickelungs-Theorie für ein umfassendes Inductionsgesetz halten.

Wenn wir nun aber dieses Inductionsgesetz wirklich zur Anwendung bringen, und mit seiner Hülfe die Abstammung der einzelnen Organismen-Arten zu ergründen suchen, so müssen wir nothgedrungen uns phylogenetische Hypothesen bilden, welche einen wesentlich deductiven Charakter tragen, welche Rückschlüsse aus der allgemeinen Descendenz-Theorie auf den einzelnen besonderen Fall sind. Diese speciellen Deductions-Schlüsse sind aber nach den unerbittlichen Gesetzen der Logik auf unserem Erkenntnissgebiete gerade so berechtigt, so nothwendig, so unentbehrlich, wie die generellen Inductions-Schlüsse, aus denen sich die gesammte Entwickelungs-Theorie aufbaut. Auch die Lehre von den thierischen Stammformen des Menschengeschlechts ist ein solches specielles Deductions-Gesetz, welches mit logischer Nothwendigkeit aus dem generellen Inductionsgesetze der Descendenz-Theorie folgt[134]).

Wie gegenwärtig allgemein, sowohl von den Anhängern, wie von den Gegnern der Abstammungslehre zugegeben wird, haben wir bezüglich der Entstehung des Menschengeschlechts jetzt nur noch die Wahl zwischen zwei grundverschiedenen Annahmen: Wir müssen uns entweder zu dem Glauben bequemen, dass alle verschiedenen Arten von Thieren und Pflanzen, und ebenso auch der Mensch, unabhängig von einander durch den übernatürlichen Process einer göttlichen »Schöpfung« entstanden sind, welcher als solcher sich der wissenschaftlichen Betrachtung überhaupt entzieht — oder wir sind gezwungen, die Descendenz-Theorie in ihrem ganzen Umfange anzunehmen, und in gleicher Weise wie die verschiedenen Thier- und Pflanzenarten, so auch das Menschengeschlecht von einer uralten einfachsten Stammform abzuleiten. Ein Drittes zwischen diesen beiden Annahmen giebt es nicht. Entweder blinden Schöpfungsglauben, oder wissenschaftliche Entwickelungs-Theorie! Bei Annahme der letzteren, welche bei naturwissenschaftlicher Auffassung des Weltalls allein möglich ist, sind wir durch die vergleichende Anatomie und Ontogenie in den Stand gesetzt, die menschliche Ahnenreihe in der gleichen Weise annähernd bis zu einem gewissen Grade zu erkennen, wie das auch bei allen übrigen Organismen mehr oder weniger der Fall ist.

Nun wird Ihnen bereits durch unsere bisherigen Untersuchungen über die vergleichende Anatomie und Ontogenie des Menschen und der anderen Wirbelthiere vollkommen klar geworden sein, dass wir den Stammbaum des Menschengeschlechts zunächst nur im Wirbelthier-Stamm suchen können. Es kann gar kein Zweifel darüber existiren, dass (wenn überhaupt die Descendenz-Theorie richtig ist!) sich der Mensch als echtes Wirbelthier entwickelt hat, dass er aus einer und derselben gemeinsamen Stammform mit allen übrigen Wirbelthieren entstanden ist. Diese specielle Deduction ist als vollkommen gesichert zu betrachten; vorausgesetzt natürlich die Richtigkeit des Inductions-Gesetzes der Descendenz-Theorie. Kein einziger Anhänger der letzteren kann gegen diesen wichtigen Deductions-Schluss einen Zweifel erheben. Wir können ferner innerhalb des Wirbelthierstammes eine Reihe von verschiedenen Formen namhaft machen, welche als Vertreter verschiedener auf einander folgender phylogenetischer Entwickelungsstufen, oder als verschiedene Glieder unserer Ahnenreihe, mit Sicherheit betrachtet werden können. Anderseits können wir mit der gleichen Bestimmtheit nachweisen, dass sich der Wirbelthierstamm als Ganzes aus einer Gruppe von niederen wirbellosen Thierformen hervorgebildet hat; und auch unter diesen können wir wieder mit mehr oder weniger Klarheit eine Reihe von Gliedern der Vorfahren-Kette erkennen.

Wir wollen jedoch gleich hier ausdrücklich darauf aufmerksam machen, dass die Sicherheit dieser verschiedenen Descendenz-Hypothesen, die auf lauter speciellen Deductions-Schlüssen beruhen, höchst ungleich ist. Einzelne dieser Schlüsse stehen schon jetzt unerschütterlich fest; andere sind umgekehrt höchst zweifelhaft; bei noch anderen wird es von dem subjectiven Maasse der Kenntnisse und der Schlussfähigkeit des Naturforschers abhängen, welchen Grad von Wahrscheinlichkeit er denselben beimessen will. Jedenfalls haben Sie immer wohl zu unterscheiden zwischen der absoluten Sicherheit der generellen (inductiven) Descendenz-Theorie und der relativen Sicherheit der speciellen (deductiven) Descendenz-Hypothesen. Wir können allerdings niemals mit derselben Sicherheit, mit welcher wir die Descendenz-Theorie als die einzig wissenschaftliche Erklärung der organischen Gestaltungen betrachten, die ganze Ahnen-Reihe oder die Vorfahren-Kette eines Organismus feststellen. Vielmehr wird der specielle Nachweis aller Stammformen im Einzelnen stets mehr oder weniger unvollständig und hypothetisch bleiben. Das ist auch ganz natürlich. Denn alle die maassgebenden Schöpfungs-Urkunden, auf

auch die Amoeben ursprünglich nur aus den einfachsten Organismen entwickelt haben, die wir kennen, aus den Moneren. Diese Ihnen bereits bekannten Moneren sind zugleich die einfachsten Organismen die wir uns überhaupt denken können. Denn ihr ganzer Körper besitzt noch gar keine bestimmte Form und ist weiter Nichts als ein Stückchen Urschleim oder Plasson, ein Klümpchen jener lebendigen alle wesentlichen Lebensfunctionen bereits vollziehenden Eiweissmasse, die ursprünglich die materielle Basis des Lebens bildete. Wir kommen damit an die letzte, oder, wenn wir lieber wollen, an die erste Frage der Entwickelungsgeschichte, an die Frage von der ersten Entstehung der Moneren. Das ist aber zugleich die wichtige Frage nach dem ersten Ursprung des Lebens, die Frage von der Urzeugung (*Generatio spontanea* oder *aequivoca*).

Wir haben in diesen Vorträgen keine Zeit und auch keine Veranlassung, auf die schwierige Frage von der Urzeugung näher einzugehen. Ich muss Sie in dieser Beziehung auf meine »Natürliche Schöpfungsgeschichte« und besonders auf das zweite Buch der »Generellen Morphologie« verweisen, sowie auf die speciellen Erörterungen über »die Moneren und die Urzeugung« in meinen »Studien über Moneren und andere Protisten«.[132] Dort habe ich meine persönliche Auffassung dieser wichtigen Frage sehr ausführlich begründet. Hier will ich nur mit ein paar Worten das dunkle Problem von der ersten Entstehung des Lebens berühren und insoweit beantworten, als unsere principielle Auffassung der organischen Entwickelungsgeschichte davon berührt wird. In demjenigen bestimmt begrenzten Sinne, in welchem ich die Urzeugung oder *Generatio spontanea* vertheidige und sie als eine unentbehrliche Hypothese für den ersten Anfang des Lebens auf der Erde in Anspruch nehmen muss, begreift sie lediglich die Entstehung der Moneren aus anorganischen Kohlenstoff-Verbindungen. Als zum ersten Male lebendige Naturkörper auf unserem bis dahin unbelebten Planeten auftraten muss sich zunächst auf rein chemischem Wege aus rein anorganischen Kohlenstoff-Verbindungen jene höchst zusammengesetzte stickstoffhaltige Kohlenstoff-Verbindung gebildet haben, welche wir Plasson oder »Urschleim« nennen und welche der älteste materielle Träger aller Lebensthätigkeiten ist. Auf dem tiefsten Grunde des Meeres lebt noch heute solch homogenes formloses »Plasson« unter dem Namen *Bathybius* in seiner allereinfachsten Beschaffenheit. Jedes individuelle lebende Stückchen dieser structurlosen Masse nennen wir ein Moner. Die ältesten Moneren entstanden im Meere durch Urzeugung.

analog Krystallen, welche sich in der Mutterlauge bilden. Diese Annahme wird von dem nüchternen Causalitäts-Bedürfniss der menschlichen Vernunft gefordert. Denn wenn wir einerseits bedenken, dass die ganze anorganische Erdgeschichte nach mechanischen Gesetzen ohne irgend welche schöpferischen Eingriffe abläuft, und wenn wir anderseits erwägen, dass auch die gesammte organische Erdgeschichte durch gleiche mechanische Gesetze bedingt wird, wenn wir ferner sehen, dass es für die Entstehung der verschiedenen Organismen keines übernatürlichen Eingriffes irgend einer Schöpferkraft bedarf, dann ist es gewiss vollkommen ungereimt, einen solchen übernatürlichen schöpferischen Eingriff für die erste Entstehung des Lebens auf unserer Erde anzunehmen. Jedenfalls sind wir Naturforscher verpflichtet, wenigstens den Versuch einer natürlichen Erklärung zu unternehmen.

Die vielbesprochene Urzeugungsfrage erscheint uns heute nur deshalb so sehr verwickelt, weil man eine Masse verschiedener und zum Theil ganz absurder Vorstellungen unter diesem Begriff der »Urzeugung« zusammengefasst, und weil man durch die rohesten Versuche dieselbe experimentell lösen zu können geglaubt hat. Widerlegt kann die Lehre von der Urzeugung auf dem Wege des Experimentes überhaupt nicht werden. Denn jedes Experiment mit negativem Erfolge beweist nur, dass unter den von uns angewendeten (— immer höchst künstlichen! —) Bedingungen kein Organismus aus anorganischen Verbindungen entstand. Bewiesen kann aber die Theorie von der Urzeugung durch das Experiment auch nur sehr schwierig werden; und wenn noch heute tagtäglich Moneren durch Urzeugung entstünden (was sehr möglich ist!), so würde der sichere empirische Nachweis dieses Vorganges äusserst schwierig, meistens wohl unmöglich sein. Wer aber für den ersten Ursprung des Lebens auf unserer Erde keine Urzeugung von Moneren in unserem Sinne annimmt, dem bleibt nichts Anderes übrig, als an ein übernatürliches Wunder zu glauben; und das ist in der That der verzweifelte Standpunkt, den noch heute viele sogenannte »exacte Naturforscher«, ihre eigene Vernunft preisgebend, einnehmen!

Allerdings hat ein berühmter englischer Physiker, WILLIAM THOMSON, die nothwendige Hypothese der Urzeugung durch die Annahme zu umgehen gesucht, dass die organischen Bewohner unserer Erde ursprünglich von Keimen abstammen, welche von lebendigen Bewohnern anderer Planeten herrühren und welche zufällig mit abgeschleuderten Bruchstücken der letzteren, mit Meteorsteinen, auf die

entstand aus der amoeboiden Zelle das Ei in dem heutigen physiologischen Sinne des Wortes. Auch dann war das Ei zuerst Gastraea-Ei, darauf Wurm-Ei, später Acranier-Ei, dann Fisch-Ei, Amphibien-Ei, Reptilien-Ei und zuletzt erst Vogel-Ei. Das heutige Vogel-Ei also, wie es unsere Hühner uns täglich legen, ist ein höchst complicirtes historisches Product, das Resultat zahlloser Vererbungs-Processe, welche sich im Laufe vieler Millionen Jahre abgespielt haben[139].

Als eine besonders wichtige Erscheinung ist schon früher der Umstand hervorgehoben worden, dass die ursprüngliche Eiform, wie sie sich zuerst im Eierstock der verschiedenen Thiere zeigt, überall dieselbe ist, eine indifferente Zelle von einfachster amoeboider Beschaffenheit, von unbestimmter und veränderlicher Gestalt. Man ist nicht im Stande, in diesem ersten, frühesten Jugendzustande, unmittelbar nachdem die individuelle Eizelle durch Theilung mütterlicher Eierstockszellen entstanden ist, irgend welche wesentlichen Unterschiede derselben bei den verschiedensten Thieren wahrzunehmen (Vergl. Fig. 10, S. 109). Erst später, nachdem die ursprünglichen Eizellen oder die Ur-Eier (*Protova*) verschiedenartigen Nahrungsdotter aufgenommen, sich mit mannichfach gebildeten Hüllen umgeben und anderweitig differenzirt haben, erst wenn sie dergestalt sich in Nach-Eier (*Metova*) verwandelt haben, kann man sie meistens leicht bei den verschiedenen Thierklassen unterscheiden. Diese Eigenthümlichkeiten der ausgebildeten Nach-Eier oder der reifen und befruchtungsfähigen Eier sind aber natürlich nur als secundäre Erwerbungen, durch Anpassung an die verschiedenen Existenzbedingungen des Eies selbst und des eibildenden Thieres entstanden, anzusehen.

Die beiden ersten und ältesten Ahnen-Formen unseres Geschlechts, welche wir jetzt betrachtet haben, das Moner und die Amoebe, sind vom morphologischen Gesichtspunkte aus betrachtet: einfache Organismen oder Individuen erster Ordnung, Plastiden. Alle folgenden Stufen unserer Vorfahren-Kette hingegen sind zusammengesetzte Organismen oder Individuen höherer Ordnung: sociale Verbände einer Mehrzahl von Zellen. Die ältesten von diesen, die wir unter dem Namen der Synamoebien als dritte Stufe unseres Stammbaumes aufführen müssen, sind ganz einfache Gesellschaften von lauter gleichartigen indifferenten Zellen: Amoeben-Gemeinden. Um über ihre Natur und Entstehung Gewissheit zu erhalten, brauchen wir bloss die ersten ontogenetischen Producte der Stammzelle Schritt

für Schritt zu verfolgen. Nachdem aus der Monerula (Fig. 165) durch Neubildung eines Zellenkernes die Cytula (Fig. 166) entstanden ist, zerfällt diese Stammzelle durch wiederholte Theilung in zahlreiche Zellen. Wir haben diesen wichtigen Vorgang der sogenannten »Eifurchung« bereits früher ausführlich untersucht und haben uns überzeugt, dass alle verschiedenen Arten derselben sich von einer einzigen Art ableiten lassen, von der ursprünglichen oder primordialen Furchung (Vergl. den VIII. Vortrag, S. 155). Im Stammbaum der Wirbelthiere hat diese palingenetische Form der Eifurchung einzig und allein der Amphioxus bis auf den heutigen Tag treu bewahrt, während alle übrigen Wirbelthiere abgeänderte, cenogenetische Formen der Furchung angenommen haben (Vergl. die III. Tabelle, S. 194). Jedenfalls sind die letzteren erst später aus der ersteren entstanden, und daher hat die Eifurchung des Amphioxus für uns das höchste Interesse (S. 355). Hier theilt sich zunächst die Stammzelle in zwei gleiche Zellen, die beiden ersten Furchungszellen (Fig. 169 *A*). Aus diesen entstehen durch fortgesetzte Theilung vier, acht, sechzehn, 32, 64 Zellen u. s. w. (Fig. 169). Das Endresultat dieser primor-



Fig. 169.

dialen Furchung war, wie Sie sich erinnern werden, die Bildung eines kugeligen Zellenhaufens, der aus lauter gleichartigen, indifferenten Zellen von einfachster Beschaffenheit zusammengesetzt ist (Fig. 170; Fig. 171 *E*). Wegen der Aehnlichkeit, welche diese kugelig zusammengeballte Zellenmasse mit einer Maulbeere oder Brombeere darbietet, nannten wir dieselbe »Maulbeerkeim« oder *Morula*.



Fig. 170.

Fig. 169. Ursprüngliche oder primordiale Eifurchung. Die Stammzelle oder Cytula, welche durch Befruchtung aus der Eizelle entstanden ist, zerfällt durch wiederholte regelmässige Theilung zuerst in zwei Zellen (*A*), dann in vier Zellen (*B*), hierauf in acht Zellen (*C*) und endlich in sehr zahlreiche Furchungs-Zellen (*D*).

Fig. 170. Maulbeerkeim oder Morula.

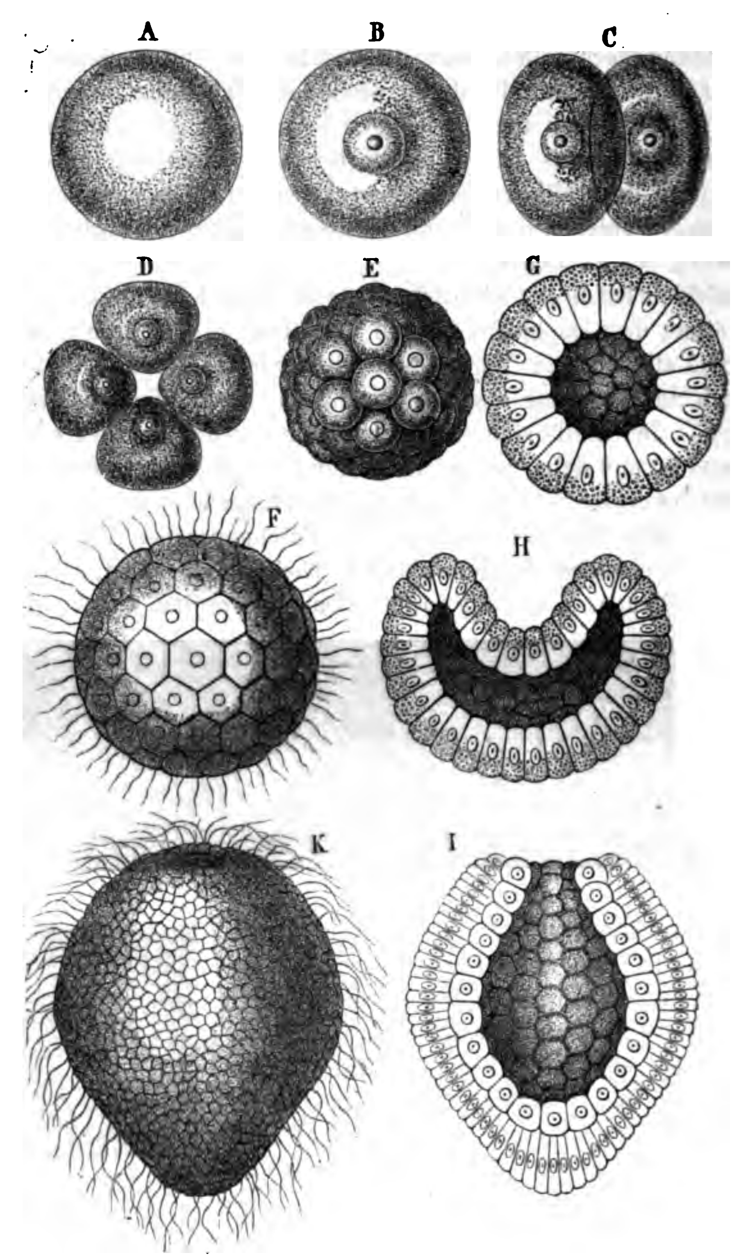


Fig. 171.

Fig. 171. Keimung einer Koralle (*Monoxenia Darwinii*). *A* Monerula. *B* Stammzelle (Cytula). *C* Zwei Furchungszellen. *D* Vier Furchungszellen. *E* Maul-

Offenbar führt uns diese Morula noch heute denselben einfachsten Urzustand des vielzelligen Thierkörpers vor Augen, der sich in früher laurentischer Urzeit zuerst aus der einzelligen amoeboiden Urthierform hervorbildete. Die Morula wiederholt nach dem biogenetischen Grundgesetze die Ahnenform des Synamoebium. Denn die ersten Zellengemeinden, welche sich damals bildeten, und welche die erste Grundlage zum höheren vielzelligen Thierkörper legten, werden aus lauter gleichartigen und ganz einfachen amoeboiden Zellen bestanden haben. Die ältesten Amoeben lebten als Einsiedler isolirt für sich, und auch die amoeboiden Zellen, welche durch Theilung aus diesen einzelligen Organismen entstanden, werden noch lange Zeit hindurch isolirt auf eigene Hand gelebt haben und Einsiedler geblieben sein. Allmählich aber entstanden neben diesen einzelligen Urthieren kleine Amoeben-Gemeinden, indem die durch Theilung entstandenen Geschwister-Zellen vereinigt blieben. Die Vortheile, welche diese ersten Zellen-Gesellschaften im Kampfe um's Dasein vor den einsam lebenden Einsiedler-Zellen voraus hatten, werden ihre Fortbildung begünstigt und sie zu weiterer Fortbildung angeregt haben. Aber selbst heute noch leben im Meere und im süssen Wasser einzelne Urthier-Gattungen, welche uns solche primitive Zellen-Gemeinden in ihrer einfachsten Gestalt permanent vorführen. Solche sind z. B. mehrere von ARCHER beschriebene *Cystophrys*-Arten, die von RICHARD HERTWIG als *Microgromia socialis* beschriebene Rhizopoden-Art, und die von CIENKOWSKI entdeckten Labyrinthuleen; formlose Haufen von gleichartigen, ganz einfachen Zellen [140].

Um nun weiterhin diejenigen Ahnen unseres Geschlechtes kennen zu lernen, welche sich phylogenetisch zunächst aus den Synamoebien hervorbildeten, brauchen wir bloss die ontogenetische Verwandlung der Morula beim Amphioxus noch einige Schritte weiter zu verfolgen. Da sehen wir denn zunächst, dass sich eine wässerige Flüssigkeit im Innern des soliden kugeligen Zellenhaufens ansammelt und die aneinandergedrängten Zellen sämmtlich nach der Peripherie des Körpers treibt (Fig. 171, F G; Tafel X, Fig. 9). So verwandelt sich der solide Maulbeerkeim in eine einfache Hohlkugel, deren Wand aus einer einzigen Zellenschicht gebildet wird. Diese Zellenschicht nannten wir Keimhaut (*Blastoderma*), und die Hohlkugel selbst Keimblase oder Keimhautblase (*Blastula* oder *Blastosphaera*).

---

beerkeim (Morula). *F* Blasenkeim (Blastula). *G* Blasenkeim im Durchschnitt. *H* Eingestülpter Blasenkeim im Durchschnitt. *I* Gastrula im Längsdurchschnitt. *K* Gastrula oder Becherkeim, von aussen betrachtet.

Auch die interessante Keimform der Blastula ist von fundamentaler Bedeutung. Denn die Verwandlung des Maulbeerkeims in die Keimhautblase erfolgt in ganz gleicher Weise bei sehr zahlreichen Thieren der verschiedensten Stämme: so z. B. bei vielen Pflanzenthieren und Würmern, bei den Ascidien, bei vielen Sternthieren und Weichthieren, und auch beim Amphioxus. Bei denjenigen Thieren aber, bei denen eine eigentliche, palingenetische Blastula in der Ontogenese fehlt, ist dieser Mangel offenbar nur durch cenogenetische Ursachen, durch die Ausbildung eines Nahrungsdotters und andere embryonale Anpassungs-Verhältnisse bedingt. Wir dürfen daher annehmen, dass die ontogenetische Blastula die Wiederholung einer uralten phylogenetischen Ahnenform ist und dass sämmtliche Thiere (mit Ausnahme der niederen Urthiere) von einer gemeinsamen Stammform ihren Ursprung genommen haben, welche im Wesentlichen einer solchen Keimhautblase gleich gebildet war. Bei vielen niederen Thieren erfolgt die Entwickelung der Keimblase nicht innerhalb der Eihüllen, sondern ausserhalb derselben, frei im Wasser. Dann beginnt schon frühzeitig jede Zelle der Keimhaut einen oder mehrere bewegliche haarförmige Protoplasma-Fortsätze auszustrecken; indem sich diese Flimmerhaare, Geisseln oder Wimpern schwingend im Wasser hin- und herbewegen, wird der ganze Körper schwimmend umhergetrieben (Fig. 171 *F*). Man hat diese blasenförmigen Larven, deren Körperwand eine einzige Zellenschicht bildet, und welche mittelst der vereinten Schwingungen ihrer Flimmerhaare rotirend umherschwimmen, schon seit dem Jahre 1847 mit dem Namen *Planula* oder Flimmerlarve belegt. Allerdings wird diese Bezeichnung von verschiedenen Zoologen in verschiedenem Sinne gebraucht, und namentlich hat man oft auch die gleich zu besprechende *Gastrula* mit der *Planula* verwechselt. Daher ist es zweckmässiger, auch jene echten »Planula-Formen« unzweideutig als Blastula zu bezeichnen.

Noch gegenwärtig leben im Meere sowohl wie im süssen Wasser verschiedene Gattungen von Urthieren, welche im Wesentlichen der Blastula gleichgebildet sind und gewissermaassen als bleibende oder persistirende Blastula-Formen betrachtet werden können: hohle Blasen, deren Wand aus einer einzigen Schicht von flimmernden gleichartigen Zellen gebildet wird. Solche Planaeaden oder »Blastaeaden«, wie man sie nennen könnte, finden sich unter der bunt gemischten Gesellschaft der Flagellaten, insbesondere der Volvocinen (z. B. *Synura*). Eine andere, sehr interessante Form habe ich im September 1869 auf der Insel Gis-Oe an der norwegischen Küste be-

obachtet und *Magosphaera planula* genannt (Fig. 172. 173). Der vollkommen ausgebildete Körper derselben stellt eine kugelige Blase dar.





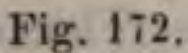


Fig. 172. Fig. 173.

deren Wand aus 30—50 wimpernden gleichartigen Zellen zusammengesetzt ist und frei im Meere umherschwimmt. Nach erlangter Reife löst sich die Gesellschaft auf. Jede einzelne Zelle lebt noch eine Zeit lang auf eigene Hand, wächst und verwandelt sich in eine kriechende Amoebe. Diese zieht sich später kugelig zusammen und kapselt sich ein, indem sie eine structurlose Hülle ausschwitzt. Die Zelle hat jetzt ganz das Aussehen eines gewöhnlichen Thier-Eies. Nachdem sie eine Zeit lang in diesem Ruhezustande verharrt hat, zerfällt die Zelle durch fortgesetzte Theilung erst in 2, dann in 4, 8, 16, 32 Zellen. Diese ordnen sich wiederum zu einer kugeligen Blase, strecken Flimmerhaare aus, sprengen die Kapselhülle und schwimmen in derselben Magosphaera-Form umher, von der wir ausgegangen sind. Damit ist der ganze Lebenslauf dieses merkwürdigen Urthieres vollendet [141]).

Wenn wir nun diese permanenten Blastula-Formen mit den freischwimmenden gleichgebildeten Flimmerlarven oder Planula-Zuständen vieler niederen Thiere vergleichen, so werden wir daraus mit Sicherheit auf die frühere Existenz einer uralten und längst ausgestorbenen gemeinsamen Stammform schliessen dürfen, welche im

---

Fig. 172. Die norwegische Flimmerkugel (*Magosphaera planula*), mittelst ihres Flimmerkleides umherschwimmend, von der Oberfläche gesehen.

Fig. 173. Dieselbe im Durchschnitt. Man sieht wie die birnförmigen Zellen im Centrum der Gallertkugel durch einen fadenförmigen Fortsatz verbunden sind. Jede Zelle enthält ausser dem Kern eine contractile Blase.

Auch die interessante Keimform der Blastula ist von fundamentaler Bedeutung. Denn die Verwandlung des Maulbeerkeims in die Keimhautblase erfolgt in ganz gleicher Weise bei sehr zahlreichen Thieren der verschiedensten Stämme: so z. B. bei vielen Pflanzenthieren und Würmern, bei den Ascidien, bei vielen Sternthieren und Weichthieren, und auch beim Amphioxus. Bei denjenigen Thieren aber, bei denen eine eigentliche, palingenetische Blastula in der Ontogenese fehlt, ist dieser Mangel offenbar nur durch cenogenetische Ursachen, durch die Ausbildung eines Nahrungsdotters und andere embryonale Anpassungs-Verhältnisse bedingt. Wir dürfen daher annehmen, dass die ontogenetische Blastula die Wiederholung einer uralten phylogenetischen Ahnenform ist und dass sämmtliche Thiere (mit Ausnahme der niederen Urthiere) von einer gemeinsamen Stammform ihren Ursprung genommen haben, welche im Wesentlichen einer solchen Keimhautblase gleich gebildet war. Bei vielen niederen Thieren erfolgt die Entwickelung der Keimblase nicht innerhalb der Eihüllen, sondern ausserhalb derselben, frei im Wasser. Dann beginnt schon frühzeitig jede Zelle der Keimhaut einen oder mehrere bewegliche haarförmige Protoplasma-Fortsätze auszustrecken; indem sich diese Flimmerhaare, Geisseln oder Wimpern schwingend im Wasser hin- und herbewegen, wird der ganze Körper schwimmend umhergetrieben (Fig. 171 *F*). Man hat diese blasenförmigen Larven, deren Körperwand eine einzige Zellenschicht bildet, und welche mittelst der vereinten Schwingungen ihrer Flimmerhaare rotirend umherschwimmen, schon seit dem Jahre 1847 mit dem Namen *Planula* oder Flimmerlarve belegt. Allerdings wird diese Bezeichnung von verschiedenen Zoologen in verschiedenem Sinne gebraucht, und namentlich hat man oft auch die gleich zu besprechende *Gastrula* mit der *Planula* verwechselt. Daher ist es zweckmässiger, auch jene echten »Planula-Formen« unzweideutig als Blastula zu bezeichnen.

Noch gegenwärtig leben im Meere sowohl wie im süssen Wasser verschiedene Gattungen von Urthieren, welche im Wesentlichen der Blastula gleichgebildet sind und gewissermaassen als bleibende oder persistirende Blastula-Formen betrachtet werden können: hohle Blasen, deren Wand aus einer einzigen Schicht von flimmernden gleichartigen Zellen gebildet wird. Solche Planaeaden oder »Blastaeaden«, wie man sie nennen könnte, finden sich unter der bunt gemischten Gesellschaft der Flagellaten, insbesondere der Volvocinen (z. B. *Synura*). Eine andere, sehr interessante Form habe ich im September 1869 auf der Insel Gis-Oe an der norwegischen Küste be-

obachtet und *Magosphaera planula* genannt (Fig. 172. 173). Der vollkommen ausgebildete Körper derselben stellt eine kugelige Blase dar,



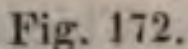


Fig. 172.

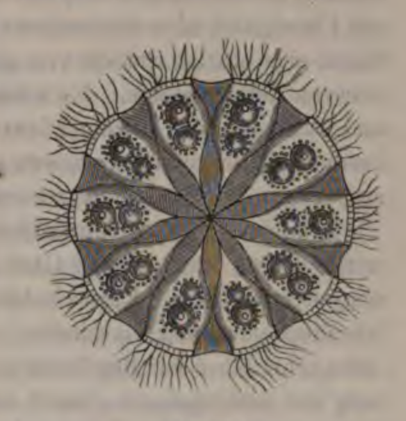


Fig. 173.

deren Wand aus 30—50 wimpernden gleichartigen Zellen zusammengesetzt ist und frei im Meere umherschwimmt. Nach erlangter Reife löst sich die Gesellschaft auf. Jede einzelne Zelle lebt noch eine Zeit lang auf eigene Hand, wächst und verwandelt sich in eine kriechende Amoebe. Diese zieht sich später kugelig zusammen und kapselt sich ein, indem sie eine structurlose Hülle ausschwitzt. Die Zelle hat jetzt ganz das Aussehen eines gewöhnlichen Thier-Eies. Nachdem sie eine Zeit lang in diesem Ruhezustande verharrt hat, zerfällt die Zelle durch fortgesetzte Theilung erst in 2, dann in 4, 8, 16, 32 Zellen. Diese ordnen sich wiederum zu einer kugeligen Blase, strecken Flimmerhaare aus, sprengen die Kapselhülle und schwimmen in derselben Magosphaera-Form umher, von der wir ausgegangen sind. Damit ist der ganze Lebenslauf dieses merkwürdigen Urthieres vollendet [141]).

Wenn wir nun diese permanenten Blastula-Formen mit den freischwimmenden gleichgebildeten Flimmerlarven oder Planula-Zuständen vieler niederen Thiere vergleichen, so werden wir daraus mit Sicherheit auf die frühere Existenz einer uralten und längst ausgestorbenen gemeinsamen Stammform schliessen dürfen, welche im

---

Fig. 172. Die norwegische Flimmerkugel (*Magosphaera planula*), mittelst ihres Flimmerkleides umherschwimmend, von der Oberfläche gesehen.

Fig. 173. Dieselbe im Durchschnitt. Man sieht wie die birnförmigen Zellen im Centrum der Gallertkugel durch einen fadenförmigen Fortsatz verbunden sind. Jede Zelle enthält ausser dem Kern eine contractile Blase.

Wesentlichen der Planula oder Blastula gleich gebildet war. Wir wollen dieselbe *Planaea* oder *Blastaea* nennen. Ihr ganzer Körper bestand in vollkommen ausgebildetem Zustande aus einer einfachen, mit Flüssigkeit oder structurloser Gallerte gefüllten Hohlkugel, deren Wand eine einzige Schicht von gleichartigen, mit Flimmerhaaren bedeckten Zellen bildete. Es werden gewiss viele verschiedene Arten und Gattungen von solchen Planaea-artigen Urthieren existirt und eine besondere Klasse von Protozoen gebildet haben, die wir Flimmerschwärmer (*Planaeada*) nennen können.

Als einen merkwürdigen Beweis des naturphilosophischen Genius, mit welchem unser grosser Carl Ernst Baer in die tiefsten Geheimnisse der thierischen Entwickelungsgeschichte eingedrungen war, will ich die Bemerkung einschalten, dass derselbe schon im Jahre 1828 (also zehn Jahre vor Begründung der Zellentheorie!) die hohe Bedeutung der Blastosphaera geahnt und in wahrhaft prophetischer Weise in seiner classischen »Entwickelungsgeschichte der Thiere« hervorgehoben hat (Band I, S. 223). Die betreffende Stelle lautet: »Je weiter wir in der Entwickelung zurückgehen, um desto mehr finden wir auch in sehr verschiedenen Thieren eine Uebereinstimmung. Wir werden hierdurch zu der Frage geführt: ob nicht im Beginne der Entwickelung alle Thiere im Wesentlichen sich gleich sind, und ob nicht für alle eine gemeinschaftliche Urform besteht? — Da der Keim das unausgebildete Thier selbst ist, so kann man nicht ohne Grund behaupten, dass die einfache Blasenform die gemeinschaftliche Grundform ist, aus der sich alle Thiere nicht nur der Idee nach, sondern historisch entwickeln.« Dieser letztere Satz hat nicht nur ontogenetische, sondern auch phylogenetische Bedeutung, und ist um so bemerkenswerther, als damals die Blastula bei den verschiedensten Thieren, sowie die Zusammensetzung ihrer Wand aus einer einzigen Zellenschicht noch gar nicht bekannt war. Und doch wagte Baer, trotz der höchst mangelhaften empirischen Begründung den kühnen Satz aufzustellen: »Beim ersten Auftreten sind vielleicht alle Thiere gleich und nur hohle Kugeln.«

An die uralte Ahnen-Form der *Planaea* schliesst sich nun als fünfte Stufe unseres Stammbaumes zunächst die daraus entstandene Gastraea. Wie Sie bereits wissen, ist gerade diese Ahnenform von ganz eminenter philosophischer Bedeutung. Ihre frühere Existenz wird sicher bewiesen durch die höchst wichtige Gastrula, die wir als vorübergehenden Keimzustand in der Ontogenese der verschiedensten Thiere antreffen (Fig. 171 *J, K*). Wie Sie sich erinnern,

stellt diese *Gastrula* in ihrer ursprünglichen, palingenetischen Form einen kugeligen, eiförmigen oder länglich-runden, einaxigen Körper dar, welcher eine einfache Höhle mit einer Oeffnung (an einem Pole der Axe) besitzt. Das ist die primitive Darmhöhle mit ihrer Mundöffnung. Die Darmwand besteht aus zwei Zellenschichten, welche nichts Anderes sind, als die beiden primären Keimblätter: Das animale Hautblatt und das vegetative Darmblatt.

Ueber die phylogenetische Entstehung der Gastraea aus der Planaea giebt uns noch heutzutage die ontogenetische Entstehung der Gastrula aus der Blastula sichere Auskunft. Wie Sie sich erinnern werden, entsteht an einer Seite der kugeligen Keimhautblase eine grubenartige Vertiefung, und diese Einstülpung wird immer tiefer (Fig. 171 *H*). Zuletzt geht die Einstülpung so weit, dass der äussere eingestülpte Theil der Keimhaut oder des Blastoderms sich eng an den inneren, nicht eingestülpten Theil derselben anlegt (Fig. 171 *J*). Wenn wir nun an der Hand dieses ontogenetischen Processes uns die phylogenetische Entstehung der *Gastraea* entsprechend dem biogenetischen Grundgesetze vorstellen wollen, so müssen wir uns denken, dass die einschichtige Zellengesellschaft der kugeligen Planaea angefangen hat, an einer Stelle der Oberfläche vorzugsweise Nahrung aufzunehmen. An dieser nutritiven Stelle der Kugel-Oberfläche bildete sich durch natürliche Züchtung allmählich eine grubenartige Vertiefung. Die anfangs ganz flache Grube wurde im Laufe der Zeit immer tiefer. Bald wurde die Function der Ernährung, der Nahrungsaufnahme und Verdauung ausschliesslich auf die Zellen beschränkt, welche diese Grube auskleideten, während die übrigen Zellen die Functionen der Ortsbewegung und Bedeckung übernahmen. So entstand die erste Arbeitstheilung zwischen den ursprünglich gleichartigen Zellen der Planaea.

Diese älteste histologische Differenzirung hatte also zunächst nur die Sonderung von zweierlei verschiedenen Zellen-Arten zur Folge: innen in der Grube die ernährenden oder nutritiven Zellen, aussen an der Oberfläche die bewegenden oder locomotiven Zellen. Damit war aber bereits die Sonderung der beiden primären Keimblätter gegeben. Die inneren Zellen der Höhlung bildeten das innere oder vegetative Blatt, welches die Functionen der Ernährung vollzieht; die äusseren Zellen der Umhüllung bildeten das äussere oder animale Blatt, welches die Functionen der Ortsbewegung und Bedeckung des Körpers ausübt. Dieser erste und älteste Differenzirungs-Process der Zellen ist von so fundamentaler Bedeutung, dass er das

eingehendste Nachdenken verdient. Wenn wir bedenken, dass auch der Leib des Menschen mit allen seinen verschiedenen Theilen und ebenso der Leib aller anderen höheren Thiere sich ursprünglich aus jenen beiden einfachen primären Keimblättern aufbaut, so werden wir die phylogenetische Bedeutung der Gastrula gar nicht hoch genug anschlagen können. Denn mit dem ganz einfachen Urdarm oder der primitiven Darmhöhle der Gastrula und ihrer einfachen Mundöffnung (dem »Urmund«) ist zugleich das erste wirkliche Organ des Thierkörpers in morphologischem Sinne gewonnen; das älteste wahre Idorgan, aus welchem sämmtliche übrigen Organe sich erst später differenzirt haben. Der ganze Körper der Gastrula ist ja eigentlich nur »Urdarm«.

Schon früher haben wir darauf hingewiesen, welche merkwürdige Uebereinstimmung die palingenetische Gastrula bei Thieren der verschiedensten Classen zeigt, bei Schwämmen (Fig. 174 *A*), Polypen, Corallen (Fig. 171 *J*), Medusen, Würmern (Fig. 175 *B*), Sternthieren (*C*), Gliederthieren (*D*), Weichthieren (*E*) und Wirbelthieren (*F*). Alle diese verschiedenen Formen der palingenetischen Gastrula stimmen so sehr überein und unterscheiden sich nur durch so unwesentliche und untergeordnete Eigenthümlichkeiten, dass sie der systematische Zoologe in seinem »natürlichen System« nur als verschiedene Species eines einzigen Genus aufführen könnte. Aber auch die verschiedenen cenogenetischen Formen der Gastrula, die wir früher beschrieben haben, konnten wir alle auf jene ursprüngliche palingenetische Form zurückführen (S. 186). Die Gastrula ergab sich so als gemeinsame Keimform aller Thierklassen, nur die niederen Urthiere ausgenommen. Diese höchst wichtige Thatsache berechtigt uns nach dem biogenetischen Grundgesetze zu dem Schlusse, dass auch die verschiedenen Ahnen-Reihen derselben sich aus der gleichen Stammform phylogenetisch entwickelt haben. Diese uralte bedeutungsvolle Stammform ist eben die Gastraea.

Die Gastraea hat jedenfalls schon während der laurentischen Periode im Meere gelebt und sich in ähnlicher Weise mittelst ihres äusseren Flimmerkleides schwimmend im Wasser umhergetummelt, wie das noch heutzutage die frei beweglichen und flimmernden Gastrulae thun. Wahrscheinlich wird sich die uralte und vor vielen Jahr-Millionen ausgestorbene Gastraea nur in einem wesentlichen Punkte von der heute noch lebenden Gastrula unterschieden haben. Aus vergleichend-anatomischen und ontogenetischen Gründen, deren Auseinanderstzeung hier zu weit führen würde, können wir nämlich anneh-

men, dass die Gastraea sich bereits geschlechtlich fortpflanzte und nicht bloss auf ungeschlechtlichem Wege (durch Theilung, Knospenbildung oder Sporenbildung), wie es bei den vier vorhergehenden Ahnenstufen wahrscheinlich allein der Fall war. Vermuthlich bildeten sich einzelne Zellen der primären Keimblätter zu Eizellen, andere zu

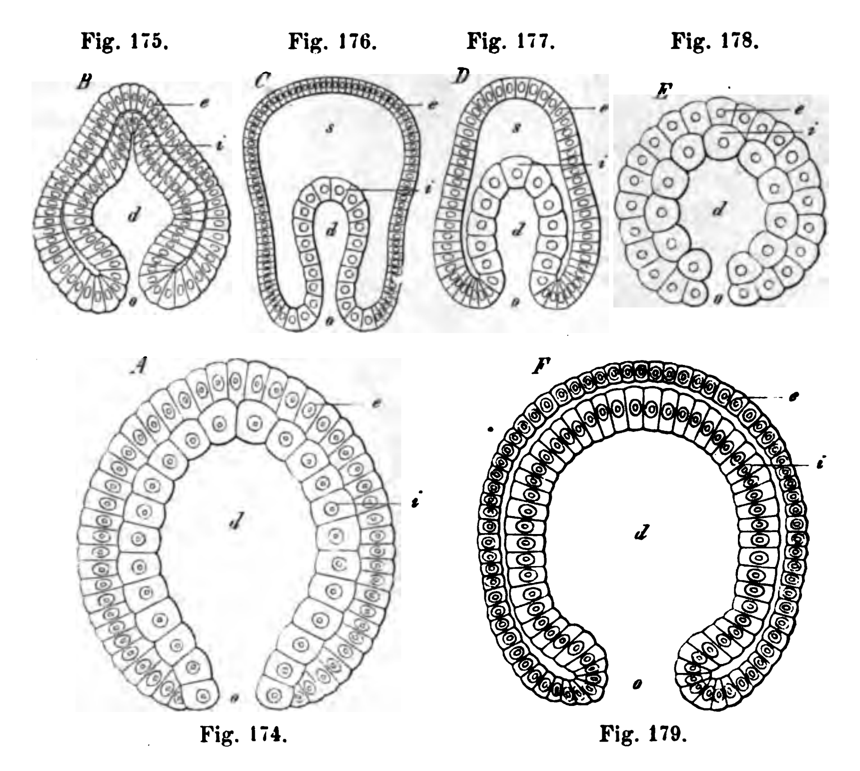


Fig. 175. Fig. 176. Fig. 177. Fig. 178.

Fig. 174. Fig. 179.

befruchtenden Samenzellen aus (Vergl. den XXV. Vortrag). Diese Hypothese stützen wir darauf, dass wir die gleiche einfachste Form der geschlechtlichen Fortpflanzung noch heutzutage bei den niedersten Pflanzenthieren antreffen, insbesondere bei den Schwämmen.

Fig. 174 (*A*). Gastrula eines Zoophyten (*Gastrophysema*), HAECKEL.
Fig. 175 (*B*). Gastrula eines Wurmes (Pfeilwurm, *Sagitta*) nach KOWALEVSKY.
Fig. 176 (*C*). Gastrula eines Echinodermen (Seestern, *Uraster*), nach ALEXANDER AGASSIZ.
Fig. 177 (*D*). Gastrula eines Arthropoden Urkrebs, *Nauplius*)
Fig. 178 (*E*). Gastrula eines Mollusken (Teichschnecke, *Limnaeus*), nach CARL RABL.
Fig. 179 (*F*). Gastrula eines Wirbelthieres (Lanzetthier, *Amphioxus*), nach KOWALEVSKY.

Von ganz besonderem Interesse für diese Seite unserer Gasträa-Theorie sind zwei kleine, bisher wenig beachtete Thierformen, welche unter allen heute noch lebenden Thieren der uralten Gastraea am nächsten stehen und welche wir geradezu als »Gastraeaden der Gegenwart« bezeichnen dürfen[142]. Das eine dieser Thiere, *Haliphysema* (Fig. 180, 181) ist von BOWERBANK als ein Schwamm, das andere, *Gastrophysema*, von CARTER sogar als ein Rhizopode beschrieben worden (als »Squamulina«). Der ganze reife Körper der entwickelten Person stellt bei Haliphysema einen höchst einfachen, cylindrischen oder eiförmigen Schlauch dar, dessen Wand aus zwei Zellenschichten besteht. Die Höhle des Schlauches ist die Magenhöhle und die obere Oeffnung desselben die Mundöffnung (Fig. 181 *m*). Die beiden Zellenschichten, welche die Wand des Schlauches bilden, sind die beiden primären Keimblätter. Von der Gastrula unterscheiden sich diese einfachsten Pflanzenthiere hauptsächlich dadurch, dass sie mit dem einen (der Mundöffnung entgegengesetzten) Körperende am Meeresboden festwachsen, während die erstere frei beweglich ist. Auch sind die Zellen des Hautblattes mit einander verschmolzen und haben eine Menge fremder Körper, Schwammnadeln, Sandkörnchen und dergl. als Stütze für die Körperwand aufgenommen (Fig. 180).

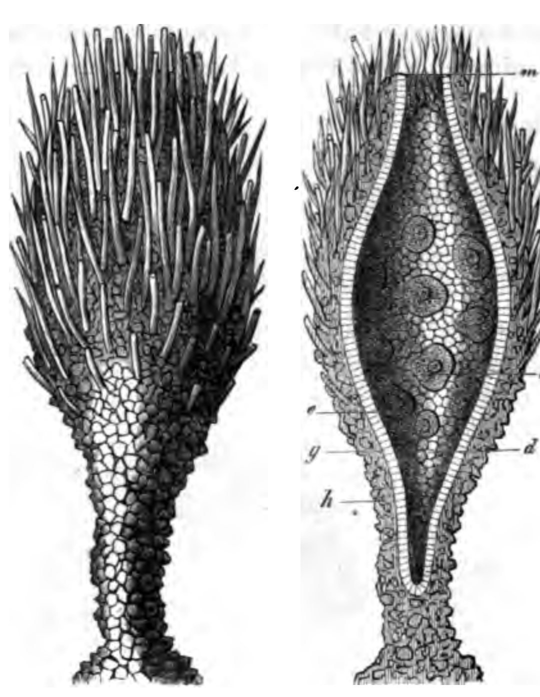


Fig. 180. Fig. 181.

Fig. 180—181. Haliphysema primordiale, eine noch lebende Gastraeaden-Form. Fig. 180. Das ganze spindelförmige Thier von aussen (unten auf Seetang festsitzend). Fig. 181. Dasselbe im Längsschnitt. Der Urdarm (*d*) öffnet sich oben durch den Urmund (*m*). Zwischen den Geisselzellen (*g*) liegen amoeboide Eier (*e*). Das Hautblatt (*h*) ist unten mit Sandkörnchen, oben mit Schwammnadeln incrustirt.

Hingegen besteht das Darmblatt nur aus einer Schicht von Flimmerzellen (Fig. 181 *d*). Wenn nun die Haliphysemen geschlechtsreif werden, so bilden sich einzelne ihrer Entoderm-Zellen zu weiblichen Eizellen, einzelne Exodermzellen hingegen zu männlichen Samenzellen aus; die Befruchtung der ersteren durch die letzteren findet unmittelbar in der Magenhöhle statt. Aus dem befruchteten Ei entwickelt sich (ganz ebenso wie bei Monoxenia, Fig. 171) eine echte palingenetische Gastrula (Fig. 174). Diese schwimmt einige Zeit im Meere umher, setzt sich dann wieder fest, und gleicht nunmehr jener einfachen auch im Entwickelungskreise vieler anderen Pflanzenthiere auftretenden Jugendform, welche als **Ascula** bezeichnet wird (Fig. 182, 183). Indem ihr Exoderm fremde Körper aufnimmt, entsteht Haliphysema.



Fig. 182. Fig. 183.

Wenn wir nun erwägen, dass zwischen der freischwimmenden Gastrula und diesen festsitzenden einfachsten Pflanzenthieren sonst kein grosser Unterschied besteht, so können wir mit ziemlicher Sicherheit die Voraussetzung machen, dass auch bereits bei der Gastraea die einfachste Form der geschlechtlichen Fortpflanzung in derselben Weise stattgefunden habe. Wie bei jenen Pflanzenthieren, so werden auch bei den Gastraeaden sich beiderlei Geschlechts-Zellen — Eizellen und Spermazellen — bei einer und derselben Person ausgebildet haben, und es werden also die ältesten Gastraeaden **Zwitter** gewesen sein. Denn aus der vergleichenden Anatomie ergiebt sich, dass die **Zwitterbildung**, d. h. die Vereinigung der beiderlei Geschlechtszellen in einem Individuum (*Hermaphroditismus*) der älteste und ursprünglichste Zustand der geschlechtlichen Differenzirung ist: erst später entstand die **Geschlechtstrennung** (*Gonochorismus*).

Fig. 182—183. **Ascula eines Schwammes** (*Olynthus*). Fig. 182 von aussen, Fig. 183 im Längsschnitt. *g* Urdarm. *o* Urmund. *i* Darmblatt. *e* Hautblatt.

Siebzehnte Tabelle.

Uebersicht über die fünf ersten Entwickelungsstufen der menschlichen Ahnen-Reihe, verglichen mit den fünf ersten Stufen der individuellen und der systematischen Entwickelung.

Formwerth der fünf ersten Entwickelungsstufen des Thierkörpers.	**Phylogenesis.** Die fünf ersten Stufen der Stammes-Entwickelung.	**Ontogenesis.** Die fünf ersten Stufen der Keimes-Entwickelung.	**Systema.** Die fünf ersten Stufen des Thier-Systemes.
1. **Erste Stufe:** Eine einfachste Cytode. (Eine kernlose Plastide.)	1. **Moneres.** Aelteste animale Moneren (durch Urzeugung entstanden).	1. **Monerula.** Kernloses Thier-Ei (nach der Befruchtung und nach Verlust des »Keimbläschens«).	1. **Moneres.** Protamoeba, Bathybius und andere lebende Moneren der Gegenwart.
2. **Zweite Stufe:** Eine einfache Zelle. (Eine kernhaltige Plastide.)	2. **Amoeba.** Aelteste animale Amoeben.	2. **Cytula.** Kernhaltiges befruchtetes Thier-Ei (»Erste Furchungskugel«)	2. **Amoeba.** Lebende Amoeben der Gegenwart.
3. **Dritte Stufe:** Eine einfachste Gemeinde von einfachen, gleichartigen Zellen.	3. **Synamoebium.** Aelteste Gemeinden von animalen Amoeben.	3. **Morula.** »Maulbeerkeim« Kugeliger Haufen von Furchungszellen	3. **Labyrinthula.** Haufen von gleichartigen einzelligen Urthieren.
4. **Vierte Stufe:** Eine einfache, mit Flüssigkeit gefüllte Hohlkugel, deren Wand aus einer einzigen Schicht von gleichartigen Zellen besteht.	4. **Planaea.** Animale Hohlkugeln, deren Wand aus einer einzigen Schicht von gleichartigen Flimmerzellen besteht (Blastaea).	4. **Blastula.** Hohlkugel, deren Wand aus einer einzigen Schicht von gleichartigen Zellen besteht. (Planula niederer Thiere.) (Blastosphaera.)	4. **Magosphaera.** Hohlkugel, deren Wand aus einer einzigen Schicht von gleichartigen Flimmerzellen besteht.
5. **Fünfte Stufe:** Ein einaxiger hohler Körper, dessen Wand aus zwei verschiedenen Zellenschichten besteht; mit einer Oeffnung an einem Pole der Axe.	5. **Gastraea.** Stammform der Darmthiere oder Metazoen. Einfacher Urdarm mit Urmund. Körperwand aus Exoderm und Entoderm gebildet.	5. **Gastrula.** Darmlarve. Einfache Darmhöhle mit Mundöffnung. Körperwand aus den beiden primären Keimblättern gebildet.	5. **Haliphysema.** Einfachstes Pflanzenthier. Einaxige ungegliederte Person, deren Körperwand aus Exoderm und Entoderm besteht.

Siebzehnter Vortrag.

Die Ahnen-Reihe des Menschen.

II. Vom Urwurm bis zum Schädelthier.

»Den Göttern gleich' ich nicht! Zu tief ist es gefühlt;
Dem Wurme gleich ich, der den Staub durchwühlt,
Den, wie er sich im Staube nährend lebt,
Des Wandrers Tritt vernichtet und begräbt. —
Was grinsest Du mir, hohler Schädel, her,
Als dass Dein Hirn, wie meines, einst verwirret,
Den lichten Tag gesucht und in der Dämmrung schwer,
Mit Lust nach Wahrheit, jämmerlich geirret!«

WOLFGANG GOETHE.

Inhalt des siebzehnten Vortrages.

Der Stamm der Würmer als Stammgruppe der vier höheren Thierstämme. Die Nachkommen der Gastraea: einerseits die Stammform der Pflanzenthiere (Schwämme und Nesselthiere), anderseits die Stammform der Würmer. Die strahlige Form der ersteren und die zweiseitige Form der letzteren. Die beiden Hauptabtheilungen der Würmer: Acoelomier und Coelomaten; erstere ohne, letztere mit Leibeshöhle und Blutgefäss-System. Sechste Ahnenstufe: Archelminthen, nächstverwandt den Turbellarien. Abstammung der Coelomaten von den Acoelomiern. Mantelthiere (Tunicaten) und Chordathiere (Chordonier). Siebente Stufe: Weichwürmer (Scolecida). Eine Seitenlinie derselben: der Eichelwurm (Balanoglossus). Differenzirung des Darmrohres in Kiemendarm und Magendarm. Achte Ahnenstufe: Chordathiere (Chordonia). Die Ascidien-Larve als Schattenbild der Chordonier. Ausbildung des Axenstabes oder der Chorda. Mantelthiere und Wirbelthiere als divergente Zweige der Chordonier. Scheidung der Wirbelthiere von den übrigen höheren Thierstämmen (Gliederthieren, Sternthieren, Weichthieren). Bedeutung der Metamerenbildung. Schädellose (Acrania) und Schädelthiere (Craniota). Neunte Ahnenstufe: Schädellose. Amphioxus und das Urwirbelthier. Entstehung der Schädelthiere (Bildung von Kopf, Schädel und Gehirn). Zehnte Ahnenstufe: Schädelthiere, verwandt den Cyclostomen (Myxinoiden und Petromyzonten).

XVII.

Meine Herren!

Bekanntlich geschieht es sehr oft, dass der Mensch sowohl im Munde des Volkes als in der Sprache der Dichter mit einem Wurme verglichen wird. Man spricht von einem »armen Wurm«, einem »jämmerlichen Wurm«, einem »allerliebsten Wurm« u. s. w. Wenn wir nun auch diesen zoologischen Vergleichen keinen tieferen phylogenetischen Hintergedanken zuschreiben wollen, so könnten wir doch behaupten, dass darin unbewusst die Vergleichung mit einem niederen thierischen Entwickelungszustande liege, der für unsere Erkenntniss der Ahnenreihe des Menschen von besonderem Interesse ist. Es unterliegt nämlich keinem Zweifel, dass der Stamm der Wirbelthiere gleich den anderen höheren Thierstämmen sich phylogenetisch aus jener vielgestaltigen Gruppe von niederen wirbellosen Thieren entwickelt hat, welche wir heutzutage Würmer nennen. Mögen wir den zoologischen Begriff des »Wurmes« noch so eng begrenzen, so bleibt es doch unzweifelhaft, dass eine ganze Reihe von ausgestorbenen Würmern zu den directen Vorfahren des Menschengeschlechts gehört.

Die Stammgruppe der Würmer (*Vermes*) im Sinne der heutigen Zoologie ist zwar viel beschränkter, als die Klasse der Würmer im Sinne der älteren Thierkunde, welche sich an das System von LINNÉ anschloss. Aber dennoch umfasst sie eine grosse Anzahl von verschiedenartigen niederen Thieren, welche wir phylogenetisch nur als die letzten vereinzelten grünen Aestchen eines vielverzweigten ungeheuren Baumes deuten können, dessen Stamm und dessen Hauptäste seit langer Zeit grösstentheils abgestorben sind. Einerseits finden wir unter den weit divergirenden Würmer-Klassen die Stammformen der vier höheren Thierstämme (Weichthiere, Sternthiere, Gliederthiere, Wirbelthiere): anderseits können wir mehrere umfangreiche Gruppen und auch einzelne isolirte Gattungen von Würmern als Wurzelschösslinge betrachten, welche unmittelbar aus der Wurzel des ur-

alten gewaltigen Würmer-Stammbaumes hervorgeprosst sind. Einige von diesen Wurzelsprossen haben sich offenbar nur wenig von der längst ausgestorbenen Stammform desselben entfernt, und die letztere, der Urwurm (*Prothelmis*), schliesst sich unmittelbar an die zuletzt von uns betrachtete Gastraea an.

Es geht nämlich aus den bedeutungsvollen Zeugnissen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie mit voller Klarheit hervor, dass die *Gastraea* als der unmittelbare Vorfahr dieses uralten Urwurmes betrachtet werden muss. Noch heute entwickelt sich aus dem gefurchten Ei aller Würmer die *Gastrula*. Die niedersten und unvollkommensten Würmer behalten zeitlebens eine so einfache Organisation, dass sie sich nur wenig über die niedersten Pflanzenthiere erheben, die ebenfalls unmittelbare Descendenten der Gastraea sind und sich noch heute direct aus der Gastrula entwickeln. Fasst man das genealogische Verhältniss dieser beiden niederen Thierstämme, der Würmer und Pflanzenthiere, scharf in's Auge, so ergiebt sich als die wahrscheinlichste Descendenz-Hypothese, dass beide als zwei von einander unabhängige Stämme unmittelbar aus der Gastraea hervorgegangen sind. Einerseits entwickelte sich aus der letzteren die gemeinsame Stammform der Würmer, anderseits die gemeinsame Stammform der Pflanzenthiere. (Vergl. die XVIII. und XIX. Tabelle.)

Der Stamm der Pflanzenthiere (*Zoophyta* oder *Coelenterata*) umfasst heutzutage einerseits die Hauptklasse der Schwämme (*Spongiae*), anderseits die Hauptklasse der Nesselthiere (*Acalephae*); zu ersteren gehören die Gastraeaden und Poriferen, zu letzteren die Hydroid-Polypen, die Medusen, Ctenophoren und Korallen. Aus der vergleichenden Anatomie und Ontogenie derselben dürfen wir mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass alle diese Pflanzenthiere von einer gemeinsamen, sehr einfachen Stammform abstammen, welche der Ascula im Wesentlichen gleichgebildet war (Fig. 182, 183, S. 431). Die einaxige Grundform der Ascula und der Gastrula bleibt bei den Schwämmen gewöhnlich erhalten, während bei den meisten Nesselthieren im Laufe der weiteren Entwickelung sich Queraxen differenziren und somit eine characteristische strahlige oder radiale Gestalt mit pyramidaler Grundform entsteht.

Im Gegensatze zu dieser vorherrschend strahligen Grundform der Pflanzenthiere bildete sich bei der zweiten, von der Gastrula ausgehenden Hauptlinie, bei den Würmern, von Anfang an eine ausgesprochen zweiseitige Grundgestalt aus, die sogenannte dipleure oder bilateral-symmetrische Grundform. Wie die strahlige Form durch

die Anpassung an festsitzende Lebensweise, so ist die zweiseitige Form durch Anpassung an bestimmte, freie Ortsbewegung bestimmt. Die constante Richtung und Haltung des Körpers, welche bei der freien Ortsbewegung beibehalten wurde, bedingte die zweiseitige oder bilaterale Grundform der symmetrischen Würmer. Schon die Stammform der letzteren, der Urwurm (*Prothelmis*), wird sich dadurch ausgezeichnet und von der einaxigen Stammform der Pflanzenthiere entfernt haben. In diesem einfachen mechanischen Momente, in der bestimmt gerichteten freien Ortsbewegung der Würmer einerseits, in der festsitzenden Lebensweise der ältesten Pflanzenthiere anderseits, müssen wir die bewirkende Ursache suchen, welche dort die bilaterale (oder zweiseitige), hier die radiale (oder strahlige) Grundform des Körpers bedingte. Jene erstere (bilaterale) Grundform hat das Menschengeschlecht von den Würmern geerbt.

Abgesehen von der Gastraea, der gemeinsamen Stammform der Pflanzenthiere und Würmer, besitzen wir demnach mit den Pflanzenthieren gar keine weitere Verwandtschaft. Es wird also jetzt unsere nächste Aufgabe sein, die Stammesgeschichte des Menschen innerhalb des Würmerstammes näher in's Auge zu fassen. Lassen Sie uns untersuchen, inwieweit die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Würmer uns berechtigt, hier nach uralten Vorfahren des Wirbelthier-Stammes und somit auch des Menschen zu suchen. Zu diesem Zwecke müssen wir zunächst das zoologische System der Würmer in Betracht ziehen. Auf Grund der neueren Untersuchungen über die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Würmer theilen wir (ganz absehend von den mannichfaltigen Eigenthümlichkeiten der vielen einzelnen Klassen, die uns hier nicht weiter interessiren) die ganze Formenmasse des Würmerstammes in zwei grosse Hauptgruppen ein. Die erste Hauptgruppe, welche wir Dichtwürmer (*Acoelomi*) nennen, umfasst die ältere Abtheilung der niederen Würmer, welche noch gar keine wahre Leibeshöhle, kein Gefäss-System, kein Herz, kein Blut, kurz Nichts von alle dem besitzen, was mit diesem Organsystem zusammenhängt. Die zweite Hauptgruppe hingegen, welche wir Hohlwürmer (*Coelomati*) nennen, unterscheidet sich von jenen durch den Besitz einer wahren Leibeshöhle (*Coeloma*); damit ist zugleich die Anwesenheit einer Blutflüssigkeit, welche diesen Hohlraum ausfüllt, gegeben; zugleich bilden sich bei den meisten Coelomaten noch besondere Blutgefässe aus, welche wieder andere Fortschritte in der Organisation durch Correlation bedingen. Das Verhältniss dieser beiden Haupt-

gruppen der Würmer zu einander ist nun offenbar ein phylogenetisches. Die Acoelomier, welche noch der Gastraea und den Pflanzenthieren sehr nahe stehen, sind als eine ältere und niedere Gruppe zu betrachten, aus welcher sich die jüngere und höhere Abtheilung der Coelomaten erst in einem späteren Abschnitte der laurentischen Periode hervorgebildet haben kann.

Zunächst wollen wir uns jetzt die niedere Würmergruppe der Acoelomier etwas näher betrachten, unter denen wir die sechste, an die Gastrula sich zunächst anschliessende Ahnenstufe unseres Geschlechtes suchen müssen. Der Name »*Acoelomi*« bedeutet: »Würmer ohne Leibeshöhle« (ohne Coeloma), und demgemäss auch ohne Blut und ohne Gefässsystem. Die heute noch lebenden Acoelomier fasst man gewöhnlich in einer einzigen Klasse zusammen und nennt sie wegen ihres plattgedrückten Körpers »Plattwürmer« (*Plathelminthes*). Dahin gehören vor allen die frei im Wasser lebenden Strudelwürmer (*Turbellaria*), ferner die schmarotzend in anderen Thieren lebenden Saugwürmer (*Trematoda*) und die durch Parasitismus noch stärker rückgebildeten Bandwürmer (*Cestoda*). Das phylogenetische Verhältniss dieser drei Plattwürmer-Ordnungen liegt klar vor Augen: Die Saugwürmer sind aus den frei lebenden Strudelwürmern durch Anpassung an parasitische Lebensweise entstanden: und durch noch weiter gehendes Schmarotzerleben sind aus den Saugwürmern die Bandwürmer hervorgegangen: ausgezeichnete Beispiele für stufenweise zunehmende Rückbildung der wichtigsten Organe.

Ausser diesen uns wohl bekannten und noch heute lebenden Plattwürmern müssen aber während des archolithischen Zeitalters noch zahlreiche andere Acoelomier gelebt haben, welche zwar im Ganzen den letzteren sehr nahe standen, aber in mancher Beziehung noch einfacher organisirt waren und sich in ihren niedersten Entwickelungsstufen unmittelbar an die Gastraeaden anschlossen. Wir können diese niedersten Acoelomier, unter denen sich die gemeinsame Stammform des ganzen Würmerstammes (die *Prothelmis*) befunden haben muss, allgemein als Urwürmer (*Archelminthes*) bezeichnen.

Die beiden Klassen der Acoelomier, die Urwürmer und Plattwürmer bieten in ihrer äusseren Gestalt die allereinfachsten Verhältnisse des bilateralen Thierkörpers dar. Die Körperform ist einfach länglich-rund, meist etwas plattgedrückt, ohne alle Anhänge (Fig. 184, 185). Die Rückenseite des blattförmigen Körpers ist verschieden von der Bauchseite, auf welcher der Wurm kriecht. Dem entsprechend sind bereits bei diesen einfachsten Würmern jene drei, die

bilaterale Grundform bestimmenden Axen ausgesprochen, welche wir im Körper des Menschen und aller höheren Thiere wieder vorfinden: I. eine Längenaxe (Hauptaxe), die von vorn nach hinten, II. eine Breitenaxe, die von rechts nach links, und III. eine Dickenaxe (Pfeilaxe), die von der Rückenfläche nach der Bauchfläche geht (vergl. S. 208). Diese sogenannte »symmetrische« oder »bilaterale« Differenzirung der Grundform ist einfach die mechanische Wirkung der Anpassung an die kriechende Ortsbewegung, wobei das eine Körperende beständig nach vorn gerichtet ist. Die geometrische Grundform der Gastrula wie der Ascula ist die ungleichpolige einaxige (*Monaxonia diplopola*). Hingegen die Grundform der Würmer, wie der Wirbelthiere, ist die zweiseitige kreuzaxige (*Stauraxonia dipleura*) [144].

Die gesammte äussere Körperoberfläche der Strudelwürmer ist wie bei der Gastrula mit einem dichten feinen Flimmerkleide bedeckt; d. h. mit einem Pelze von äusserst feinen und dicht stehenden mikroskopischen Häärchen, welche directe Fortsätze der oberflächlichsten Oberhautzellen sind und sich ununterbrochen in strudelnder oder flimmernder Bewegung befinden (Fig. 184 f). Die beständigen Schwingungen dieser Flimmerhärchen erzeugen an der Körperoberfläche einen ununterbrochenen Wasserstrom (einen »Strudel«), von dem die Strudelwürmer ihren Namen erhalten haben. Durch diesen Wasserstrom wird beständig frisches Wasser der Hautfläche zugeführt und so die Athmung in einfachster Form (die »Hautathmung«) vermittelt. Die gleiche Flimmerbedeckung, wie bei den heute noch lebenden Strudelwürmern unserer Meere und süssen Gewässer, dürfen wir auch bei unseren ausgestorbenen Vorfahren aus der Urwürmer-Gruppe, bei den Archelminthen, voraussetzen. Sie haben dieses Flimmerkleid unmittelbar von der Gastraea geerbt.

Wenn wir nun aber durch den einfachen Körper dieser Turbellarien (und der ihnen gewiss sehr nahe verwandten Archelminthen) verschiedene senkrechte Schnitte (Längsschnitte und Querschnitte) legen, so werden wir bald gewahr, dass ihre innere Organisation sich schon bedeutend über diejenige der Gastraeaden erhebt. Zunächst überzeugen wir uns dann, dass sich die beiden primären (von der Gastraea geerbten) Keimblätter in mehrere verschiedene Zellenschichten gesondert haben. Sowohl das Hautblatt als das Darmblatt hat sich in je zwei Lagen gespalten. Die so entstandenen vier secundären Keimblätter sind dieselben, welche wir auch beim Embryo der Wirbelthiere zunächst aus den primären beiden Keim-

blättern entstehen sahen. (Vergl. den Querschnitt der Amphioxus-Larve und des Regenwurms, Fig. 50 und 51, S. 190, sowie Taf. IV, Fig. 2; Taf. V, Fig. 10).

Die höchst wichtige Sonderung dieser vier secundären Keimblätter führte nun unmittelbar zu weiteren, organologischen Differenzirungs-Processen, durch welche die Organisation der Urwürmer sich bedeutend über diejenige der Gastraeaden erhob. Bei diesen letzteren war ja eigentlich nur ein einziges Organ in morphologischem Sinne vorhanden, der Urdarm mit seiner Mundöffnung. Der ganze Körper war hier noch Darmcanal; die Darmwand war zugleich Körperwand. Von den beiden Zellenschichten, welche diese Darmwand bildeten, fungirte die innere als ernährende, die äussere als bewegende und deckende Schicht. Indem sich einzelne Zellen der primären Keimblätter zu Eizellen, andere zu Spermazellen ausbildeten, vermittelten dieselben zugleich die Function der Fortpflanzung. Bei den Urwürmern begannen sich nun aber mit der Ausbildung der secundären Keimblätter auch diese verschiedenen Functionen auf verschiedene Organe zu vertheilen, die sich von dem primitiven Hauptorgan, dem Urdarm, emancipirten. Es entstanden besondere Organe für die Fortpflanzung (Geschlechtsdrüsen), für die Ausscheidung (Nieren), für die Bewegung (Muskeln), für die Empfindung (Nerven und Sinnesorgane).

Wenn wir uns ein ganz ungefähres Bild davon verschaffen wollen, in welcher einfachsten Form alle diese verschiedenen Organe bei den Urwürmern zunächst auftraten, so brauchen wir nur die unvollkommensten Formen der Strudelwürmer in Betracht zu ziehen, wie sie noch heutzutage theils im Meere, theils in den süssen Gewässern unseres Erdballs leben: meist sehr kleine und unansehnliche Würmchen von einfachster Gestalt, viele kaum einen oder wenige Millimeter lang. Bei den einfachsten Arten dieser Turbellarien wird der grösste Theil des länglichrunden Körpers vom Darmcanale eingenommen. Dieser Darm ist ein ganz gerader Schlauch mit einer Oeffnung, welche Mund und After zugleich darstellt (Fig. 184 *m*). Am vorderen Abschnitt des Darmrohres, welcher als Schlund gesondert ist (*sd*), erscheint das Faserblatt sehr verdickt, als starke Muskellage (*sm*). Unmittelbar über dem Darmfaserblatt nach aussen liegt das Hautfaserblatt, welches bei den meisten Würmern als ein starker Hautmuskelschlauch auftritt. Vorn über dem Schlunde ist bei den Strudelwürmern bereits ein Nervensystem in einfachster Form zu finden, nämlich ein Paar kleine Nervenknoten, welche nach ihrer Lage als »Obere

Schlundknoten« oder als »Gehirn« bezeichnet werden (Fig. 185 *g*). Von ihnen gehen feine Nervenfäden (*n*) zu den Muskeln und zum flimmernden Hautsinnesblatte hin. Auch ein paar einfachste Augen (*au*) und Geruchsgruben (*na*) sind bereits bei einigen Strudelwürmern zu finden. Ganz allgemein sind bei den Plattwürmern ein Paar einfache Nierencanäle (»Excretions-Organe«) vorhanden, in Form von zwei dünnen, langen, drüsigen Röhren, welche längs des Darmes rechts und links verlaufen und am hinteren Körperende ausmünden (Fig. 184 *nm*). Sie erinnern sich, wie frühzeitig die beiden Urnierencanäle auch beim Embryo des Wirbelthieres auftraten, kurz nachdem eben die erste Differenzirung des mittleren Keimblattes stattgefunden hatte. Dies frühzeitige Erscheinen bezeugt, dass die Nieren sehr wichtige Primordial-Organe sind. Dasselbe bezeugt auch ihre allgemeine Verbreitung bei den Plattwürmern; denn sogar die Bandwürmer, welche ihren Darm in Folge ihrer parasitischen Lebensweise verloren haben, besitzen noch die beiden ausscheidenden Urnieren oder »Excretions-Canäle«. Demnach scheinen diese harnabsondernden Drüsen älter und physiologisch wichtiger als das Blut-

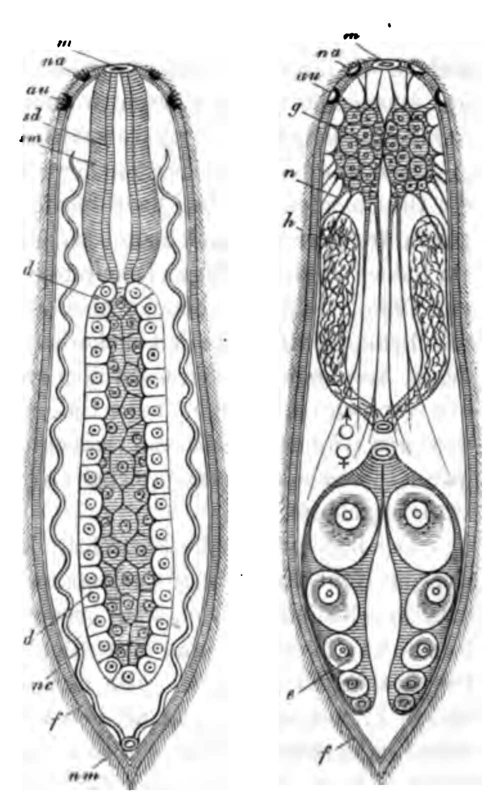


Fig. 184. Fig. 185.

Fig. 184. Ein einfacher Strudelwurm (*Rhabdocoelum*). *m* Mund. *s* Schlund. *sd* Schlund-Epithel. *sm* Schlund-Muskulatur. *d* Magendarm. *nc* Nierencanäle. *nm* Nierenmündung. *au* Auge. *na* Geruchsgrube.

Fig. 185. Derselbe Strudelwurm, um die übrigen Organe zu zeigen. *g* Gehirn. *au* Auge. *na* Geruchsgrube. *n* Nerven. *h* Hoden. ♂ Männliche Oeffnung. ♀ Weibliche Oeffnung. *e* Eierstock. *f* Flimmernde Oberhaut.

gefäss-System zu sein, das den Plattwürmern noch gänzlich fehlt. Di Geschlechts-Organe treffen wir bei vielen Strudelwürmern schon in sel complicirter, bei anderen aber noch in sehr einfacher Form an. Di meisten sind Zwitter oder Hermaphroditen: d. h. jede einzelne Wurn person enthält männliche und weibliche Geschlechtswerkzeuge. Bei de einfachsten Formen finden wir vorn einen Hoden (Fig. 185 *h*), hinte einen Eierstock (*a*), entweder paarig oder unpaar angelegt. Ein solche einfachste Acoelomier-Form der Gegenwart, wie wir sie unte den niedersten Rhabdocoelen antreffen, kann uns wohl eine ungefähı Vorstellung von der Organisation unserer Urwurm-Ahnen geben.

Gewiss werden diejenigen Vorfahren des Menschengeschlecht welche wir ihrer gesammten Organisation nach in die Würmer-Grupp der Acoelomier stellen müssen, während des archolithischen Zeitalte durch eine lange Reihe von verschiedenartigen Wurmformen vertrete gewesen sein. Die niedersten derselben werden sich unmittelbar a die Gastraeaden (fünfte Ahnen-Stufe), die höchst entwickelten hin gegen direct an die Coelomaten (siebente Stufe) angeschlossen haben Da jedoch unsere heutigen Kenntnisse in der vergleichenden Anatomi und Ontogenie der Acoelomier noch höchst fragmentarisch und viel z unvollständig sind, um mit Sicherheit die Reihenfolge der verschie denen Acoelomier-Stufen feststellen zu können, so verzichten wir au den Versuch einer eingehenden Unterscheidung derselben. Wir wen den uns vielmehr jetzt zur siebenten Ahnenstufe unseres Stamm baumes, welche der formenreichen Gruppe der Hohlwürmer (*Coelo mati*) angehörte.

Der bedeutungsvolle Fortschritt in der Organisation, durch de sich die Hohlwürmer oder Coelomaten aus den älteren Dichtwürmern oder Acoelomiern entwickelten, bestand in der Ausbildung einer Lei beshöhle (*Coeloma*) und eines diese anfüllenden, ernährenden Saf tes, des ersten Blutes. Alle niederen Thiere, mit denen wir un bisher in unserer Phylogenie beschäftigt haben, alle Urthiere un Pflanzenthiere sind gleich den Acoelomiern blutlos und ohne Leibes höhle. Durch die Ausbildung eines besonderen Gefässsystems thaten die ältesten Coelomaten einen gewaltigen Schritt vorwärts. Ein grosse Theil der organologischen Complication im Bau der höheren vier Thier stämme beruht auf der Differenzirung des Gefässsystemes, welche sie von den Coelomaten erbten.

Die erste Entstehung der wahren Leibeshöhle oder des Coelom können wir auf ein Auseinanderweichen der beiden Faserblätter zu rückführen; auf eine räumliche Abtrennung des äusseren Hautfaser-

blattes von dem inneren Darmfaserblatte. In den spaltförmigen Lücken, welche sich zwischen beiden Keimblättern bildeten, sammelte sich ein Saft an, der durch die Darmwand hindurchschwitzte. Dieser Saft war das erste Blut, und die Lücken zwischen beiden Keimblättern bildeten die erste Anlage der Leibeshöhle. Durch Zusammenfliessen derselben entstand das einfache Coelom, die geräumige, Blut oder Lymphe enthaltende Höhle, welche bei allen höheren Thieren eine so bedeutende Rolle als das Behältniss der umfangreichsten Eingeweide spielt. Die Entstehung dieses Coeloms und der damit in Zusammenhang sich entwickelnden Blutgefässe war von grösstem Einflusse auf die weitere Entwickelung der thierischen Organisation. Vor allem war damit die Möglichkeit hergestellt, auch peripherischen Körpertheilen, welche sich in weiter räumlicher Entfernung vom Darmcanal entwickelten, reichlichen Nahrungssaft zuzuführen. Die innige Correlation oder Wechselbeziehung der Theile musste unmittelbar mit der fortschreitenden Ausbildung des Blutgefäss-Systems eine Menge von anderen wichtigen Fortschritten in der Organisation des Coelomaten-Körpers veranlassen.

Ebenso wie unter den Acoelomiern, so wird auch unter den Coelomaten der Stammbaum unseres Geschlechts durch eine lange Reihe von verschiedenen Ahnenstufen vertreten gewesen sein. Aber unter den heute noch lebenden Coelomaten (die nur einen ganz geringen Bruchtheil von dem einstmaligen Formenreichthum dieser grossen Thiergruppe darstellen) giebt es nur sehr wenige Würmer, welche mit Sicherheit als nahe Verwandte jener längst ausgestorbenen Vorfahren des Menschen betrachtet werden können. Eigentlich ist nur noch eine einzige Klasse von Coelomaten in dieser Beziehung von hervorragender Bedeutung: das sind die Mantelthiere (*Tunicata*), zu denen die uns bereits wohl bekannten Ascidien gehören. Sie wissen ja schon aus unseren genauen Untersuchungen über den Körperbau und die Keimesgeschichte der Ascidien und des Amphioxus, welche ausserordentliche Wichtigkeit diese höchst interessanten Thierformen besitzen. (Vergl. den XIII. und XIV. Vortrag.) Auf Grund jener Untersuchungen können wir mit grösster Sicherheit den wichtigen Satz aufstellen: Zu den Vorfahren der Wirbelthiere (und also auch des Menschen) gehört eine unbekannte ausgestorbene Coelomaten-Form, deren nächst verwandte, uns bekannte und heute noch lebende Thierform die Appendicularie (Fig. 187) und die geschwänzte Larve der Ascidie ist. Wir wollen diese Wurmform, welche vor Allem durch den Besitz des Axenstabes oder der Chorda charakterisirt war, einst-

weilen als Chordathier (*Chordonium*) bezeichnen. Als zwei diver girende Linien haben sich aus diesen Chordoniern einerseits die Asci dien, anderseits die Wirbelthiere entwickelt. Die gemeinsame Stamm form der Chordonier selbst aber war eine Coelomaten-Form, die wi schliesslich wieder von den Acoelomiern, und zwar von den Archel minthen ableiten müssen.

Nun muss freilich zwischen diesen beiden Würmer-Gruppen zwischen den Urwürmern und Chordathieren, eine ganze Reihe vo vermittelnden Zwischenformen existirt haben. Aber leider sind unser heutigen zoologischen Kenntnisse gerade über diese wichtigen Zwi schenformen des vielgestaltigen Würmerstammes höchst unvollkom men. Aus leicht begreiflichen Gründen konnten alle diese Würme keine versteinerten Reste hinterlassen. Denn gleich den allermeiste übrigen Würmern werden sie gar keine festen Bestandtheile in ihrei Körper besessen haben. Die meisten Versteinerungen von Würmern die wir kennen, sind auch werthlos. Denn sie sagen uns Wenig od Nichts von den wichtigsten Organisations-Verhältnissen des weiche Körpers. Glücklicher Weise können wir jedoch die empfindlich paläontologische Lücke, welche hier in unserem Stammbaum existir grossentheils in befriedigender Weise durch die vergleichende Anato mie und Ontogenie der Würmer ausfüllen. Wenn wir einerseits di Organisation und Entwickelungsgeschichte der niederen Würmer vo den Turbellarien an, anderseits die Anatomie und Ontogenie der Asc dien in's Auge fassen, so ist es nicht schwer, sich Schritt für Schri die vermittelnden Zwischenformen mittelst der Phantasie zu recon struiren und eine Reihe von ausgestorbenen Ahnen-Formen zwische die Acoelomier und Chordonier einzuschalten. Wir wollen die Formen-Reihe als eine siebente Stufe unseres menschlichen Stamm baumes unter dem Namen der Weichwürmer (*Scolecida*) zusam menfassen.

Eine vergleichend-anatomische Betrachtung der verschiedene Scoleciden-Formen, die wir hier etwa unterscheiden könnten, würd uns viel zu weit in das schwierige Detail der vergleichenden Anatom und Ontogenie der Würmer hineinführen. Wichtiger erscheint es fü unseren Zweck, diejenigen phylogenetischen Fortschritte hervorzu heben, mittelst deren sich die Organisation der ältesten Coelomate schliesslich bis zu derjenigen der Chordonier erhob. Gestützt auf d vergleichende Anatomie und Ontogenie der Turbellarien und d Ascidien dürfte hierbei in erster Linie die bedeutungsvolle Sonderun des Darmcanals in zwei verschiedene Abschnitte zu betonen sein:

einen vorderen Abschnitt (Kiemendarm), welcher der Athmung, und einen hinteren Abschnitt (Magendarm), welcher der Verdauung dient. Wie bei den Gastraeaden und Archelminthen, so ist auch bei den Ascidien-Larven anfangs der Darmcanal ganz einfach schlauchförmig, nur mit einer Mundöffnung versehen. Erst später bildet sich als zweite Oeffnung der After aus. Sodann treten im vorderen Abschnitte des Darmcanales die Kiemenspalten auf, durch welche sich der ganze Vorderdarm in den Kiemenkorb verwandelt. Diese merkwürdige Einrichtung ist, wie Sie wissen, für die Wirbelthiere ganz charakteristisch und kommt ausserdem nur noch den Ascidien zu. Jedoch giebt es unter den heute noch lebenden Würmern eine ganz isolirte und vereinzelt dastehende merkwürdige Wurmform, welche in dieser Beziehung als ein entfernter Verwandter der Ascidien und Wirbelthiere, und vielleicht als ein divergenter Zweig der Scoleciden betrachtet werden kann. Das ist der sogenannte Eichelwurm (*Balanoglossus*, Fig. 186), ein im Meeressande lebender Wurm, dessen



Fig. 186.

Fig. 186. Ein junger Eichelwurm (*Balanoglossus*). Nach ALEXANDER AGASSIZ. *r* Eichelförmiger Rüssel. *h* Halskragen. *k* Kiemenspalten und Kiemenbogen des Vorderdarmes, jederseits in einer langen Reihe hinter einander. *d* Verdauender Hinterdarm, den grössten Theil der Leibeshöhle ausfüllend. *v* Darmvene oder Bauchgefäss, zwischen zwei parallelen Hautfalten gelegen.

interessante Verwandtschafts-Beziehungen zu den Ascidien und Acraniern zuerst GEGENBAUR richtig erkannt und beurtheilt hat. Obgleich dieser sonderbare Balanoglossus sonst vielfach eigenthümlich organisirt ist, so dass ihn der letztere mit Recht zum Repräsentanten einer besonderen Klasse (*Enteropneusta*) erhob, so ist dennoch der vorderste Abschnitt des Darmrohres ganz ähnlich wie bei den Ascidien und Acraniern organisirt: ein Kiemenkorb (*k*), dessen Wände jederseits von Kiemenspalten durchbrochen und sogar von Kiemenbogen gestützt sind. Wenn nun auch der Eichelwurm in seinen übrigen Organisations-Verhältnissen bedeutend von denjenigen ausgestorbenen Scoleciden abweichen mag, die wir als directe Vorfahren unseres Stammes und als Zwischenglieder zwischen den Archelminthen und Chordoniern ansehen müssen, so kann er doch vermöge jener charakteristischen Bildung des Kiemendarmes als eine entfernt verwandte Seitenlinie der Scoleciden betrachtet werden. Ein bedeutender Fortschritt in der Darmbildung liegt auch darin, dass sich ein After an dem der Mundöffnung entgegengesetzten Ende gebildet hat (Fig. 186*a*). Auch die höhere Entwickelung des Blutgefäss-Systems beim Balanoglossus beweist einen bedeutenden Fortschritt. Durch die flimmernde Hautoberfläche erinnert er hingegen noch an die Strudelwürmer. Die Geschlechter sind getrennt, während unsere Scoleciden-Ahnen höchst wahrscheinlich noch Hermaphroditen waren [145].

Aus einem Zweige der Scoleciden entwickelte sich weiterhin die Gruppe der Chordathiere (*Chordonia*), die gemeinsame Stammgruppe der Mantelthiere und der Wirbelthiere. Derjenige Vorgang, der die Entstehung dieser wichtigen Coelomaten-Gruppe vor Allem herbeiführte, war die Ausbildung jenes inneren Axenskelets, welches wir noch heute in seiner einfachsten Form zeitlebens beim niedersten Wirbelthiere, beim Amphioxus, vorfinden: des Axenstabes oder der *Chorda dorsalis*. Sie wissen bereits, dass dieselbe Chorda auch schon bei den geschwänzten und frei schwimmenden Larven der Ascidien sich vorfindet (Taf. X, Fig. 5). Die Chorda stützt allerdings vorzugsweise den Ruderschwanz der Ascidien-Larve, schiebt sich aber doch noch mit ihrem vorderen Ende zwischen das Darmrohr und das Markrohr des eigentlichen Larvenkörpers hinein. Wir finden hier also auf dem Querschnitt diejenige Lagerung der wichtigsten Organe, welche für den Wirbelthier-Typus ganz charakteristisch ist: In der Mitte den festen Axenstab, der den übrigen Organen zur Stütze, namentlich aber den bewegenden Rumpfmuskeln als Rückhalt und Ansatzleiste dient: oberhalb dieser Chorda auf der Rückenseite das

Central-Nervensystem in Gestalt eines Markrohres: unterhalb, auf der Bauchseite, das Darmrohr, dessen vordere Hälfte athmender Kiemendarm, die hintere Hälfte verdauender Magendarm ist. Freilich erfreut sich die frei schwimmende Larve der heutigen Ascidien dieser typischen Wirbelthier-Charaktere nur kurze Zeit: sie giebt bald ihre frei bewegliche Lebensweise auf, stösst ihren Ruderschwanz mit der Chorda ab, setzt sich auf dem Meeresboden fest und unterliegt nun jener weitgehenden Rückbildung, deren erstaunliches Endresultat wir schon früher betrachtet haben (XIII. und XIV. Vortrag). Nichtsdestoweniger aber entwirft uns die Ascidien-Larve in rasch vorübergehender Entwickelung ein flüchtiges Schattenbild von jener längst ausgestorbenen Chordonier-Form, die wir als die gemeinsame Stammform der Tunicaten und der Vertebraten betrachten müssen. Ja es giebt sogar heute noch eine kleine und unansehnliche Tunicaten-Form, welche die Organisation der Ascidien-Larve mit ihrem Ruderschwanze, sowie ihre schwimmende Lebensweise, zeitlebens behält und als solche sich fortpflanzt. Das ist die merkwürdige Appendicularia (Fig. 187), die wir schon früher betrachtet haben.

Fragen wir uns, durch welche Anpassungs-Verhältnisse wohl die folgenschwere Entstehung des Axenstabes und damit die Umbildung eines Scoleciden-Zweiges in die Chordonier-Stammform bewirkt wurde, so können wir mit grosser Wahrscheinlichkeit die Angewöhnung der kriechenden Scoleciden an die schwimmende Lebensweise als Haupt-Ursache bezeichnen. Durch die energischen und anhaltenden Schwimmbewegungen wurde die stärkere Entwickelung der Rumpfmuskulatur gefördert und für deren Wirksamkeit musste eine innere feste Ansatzleiste von grossem Vortheile sein. Eine solche konnte durch eine ausgedehnte Verwachsung der Keimblätter in der Längsaxe des Körpers entstehen, und indem sich aus diesem »Axenstrange« ein selbstständiger Skelet-Strang als fester »Axenstab« differenzirte, war die Chorda fertig (vergl. Fig. 88, 89, S. 242). In Wechselbeziehung zur Ausbildung dieses centralen Axenstabes verlängerte sich dann weiterhin der einfache, über dem Schlunde gelegene Nervenknoten der Scoleciden zu einem Nervenstrange, der oberhalb der Chorda von vorn nach hinten sich ausdehnte: so entstand aus dem Oberschlundknoten das Markrohr.

Da wir die hohe Bedeutung, welche die Ascidien (Fig. 188) in dieser Hinsicht besitzen, sowie ihre nahen Beziehungen zum Amphioxus (Fig. 189) schon früher ausführlich gewürdigt haben, so wollen wir uns hier nicht länger dabei aufhalten. Ich will nur noch-

mals hervorheben, dass wir nicht etwa die Ascidie als directe Stammform des Amphioxus und der übrigen Wirbelthiere anzusehen haben.

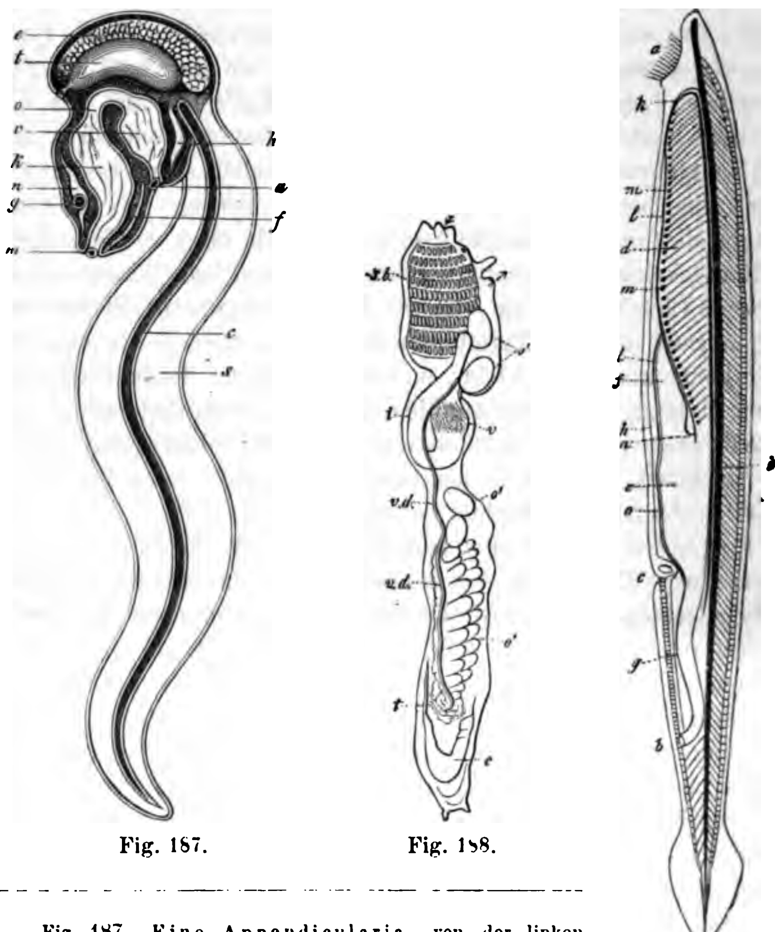


Fig. 187. Fig. 188. Fig. 189.

Fig. 187. **Eine Appendicularia**, von der linken Seite gesehen. *m* Mund. *k* Kiemendarm. *o* Speiseröhre. *v* Magen. *a* After. *n* Nervenknoten (oberer Schlundknoten). *g* Gehörbläschen. *f* Flimmerrinne unter der Kieme. *h* Herz. *t* Hoden. *e* Eierstock. *c* Chorda. *s* Schwanz.

Fig. 188. **Organisation einer Ascidie** (wie Fig. 153 und wie Fig. 14, Taf. XI, von der linken Seite betrachtet). *sb* Kiemensack. *v* Magen. *i* Enddarm. *c* Herz. *t* Hoden. *vd* Samenleiter. *o* Eierstock. *o'* Reife Eier in der Leibeshöhle. (Nach Milne-Edwards.)

Fig. 189. Das Lanzetthierchen (*Amphioxus lanceolatus*) zweimal vergrössert, von der linken Seite gesehen (die Längsaxe steht senkrecht; das Mundende ist nach oben, das Schwanzende nach unten gerichtet, ebenso wie auf Taf. XI, Fig. 15). *a* Mundöffnung, von Bartfäden umgeben. *b* Afteröffnung. *c* Bauchöffnung (Abdominal-Porus). *d* Kiemenkorb. *e* Magen. *f* Leber-Blinddarm. *g* Enddarm. *h* Leibeshöhle (Coelom). *i* Chorda (Axenstab), unter derselben die Aorta. *k* Aortenbogen. *l* Stamm der Kiemenarterie. *m* Anschwellung an den Aesten derselben. *n* Hohlvene. *o* Darmvene.

Vielmehr dürfen wir nur sagen: die Ascidien einerseits, die Wirbelthiere anderseits stammen gemeinsam von einer längst ausgestorbenen unbekannten Würmerform ab, deren nächste Verwandte unter den heute noch lebenden Thierformen die Ascidienlarven und die Appendicularien sind (Fig. 187). Jene unbekannte gemeinsame Stammform selbst muss in die Gruppe der Chordathiere oder Chordonier gehört haben, die wir als die achte Ahnenstufe unseres menschlichen Stammbaumes aufführen [146]). Wenn wir uns auch von der äusseren Körperform und inneren Organisation dieser Chordonier nicht in jeder Hinsicht eine völlig befriedigende Vorstellung machen können, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dass sie gleich den nächstverwandten Tunicaten und gleich den vorhergehenden Ahnenstufen der Scoleciden und Archelminthen im natürlichen Systeme des Thierreichs als echte Würmer classificirt werden müssen. Der Unterschied zwischen ihnen und anderen echten Würmern wird nicht grösser gewesen sein, als es noch heutzutage der Unterschied zwischen den Bandwürmern und Ringelwürmern ist. In gewissem Sinne können wir übrigens auch die heute noch lebenden Appendicularien als letzte Ueberbleibsel der Chordonier-Classe betrachten.

Somit haben wir jetzt die wichtigsten Thierformen des menschlichen Stammbaumes kennen gelernt, welche im zoologischen Systeme zum Stamme der Würmer gerechnet werden müssen. Indem wir diesen niederen Stamm verlassen und unsere Ahnenreihe von nun an ausschliesslich innerhalb des Wirbelthier-Stammes weiter verfolgen, trennen wir uns zugleich von der grossen Hauptmasse des Thierreichs, welche nach ganz anderen Richtungen hin aus dem Würmerstamme hervorgegangen ist. Als ich in einem früheren Vortrage (IX) »die Wirbelthier-Natur des Menschen« begründete, habe ich bereits gelegentlich erwähnt, dass die überwiegend grosse Mehrzahl der Thiere gar keine unmittelbaren Verwandtschafts-Beziehungen zu unserem Stamme besitzt. Allerdings haben auch die Stammformen der drei anderen höheren Thierstämme (der Gliederthiere, Sternthiere und Weichthiere) aus dem Würmerstamme ihren Ursprung genommen; allein die Stammformen derselben gehören ganz anderen Abtheilungen der Würmer als die Chordonier an. Nur ganz unten an der gemeinsamen Wurzel der Coelomaten-Gruppe können wir eine gemeinsame Abstammung dieser verschiedenen Stammformen vermuthen. (Vergl. die XVIII. und XIX. Tabelle.) Besonders müssen wir betonen, dass keine unmittelbare Blutsverwandtschaft zwischen den Wirbelthieren und Gliederthieren besteht.

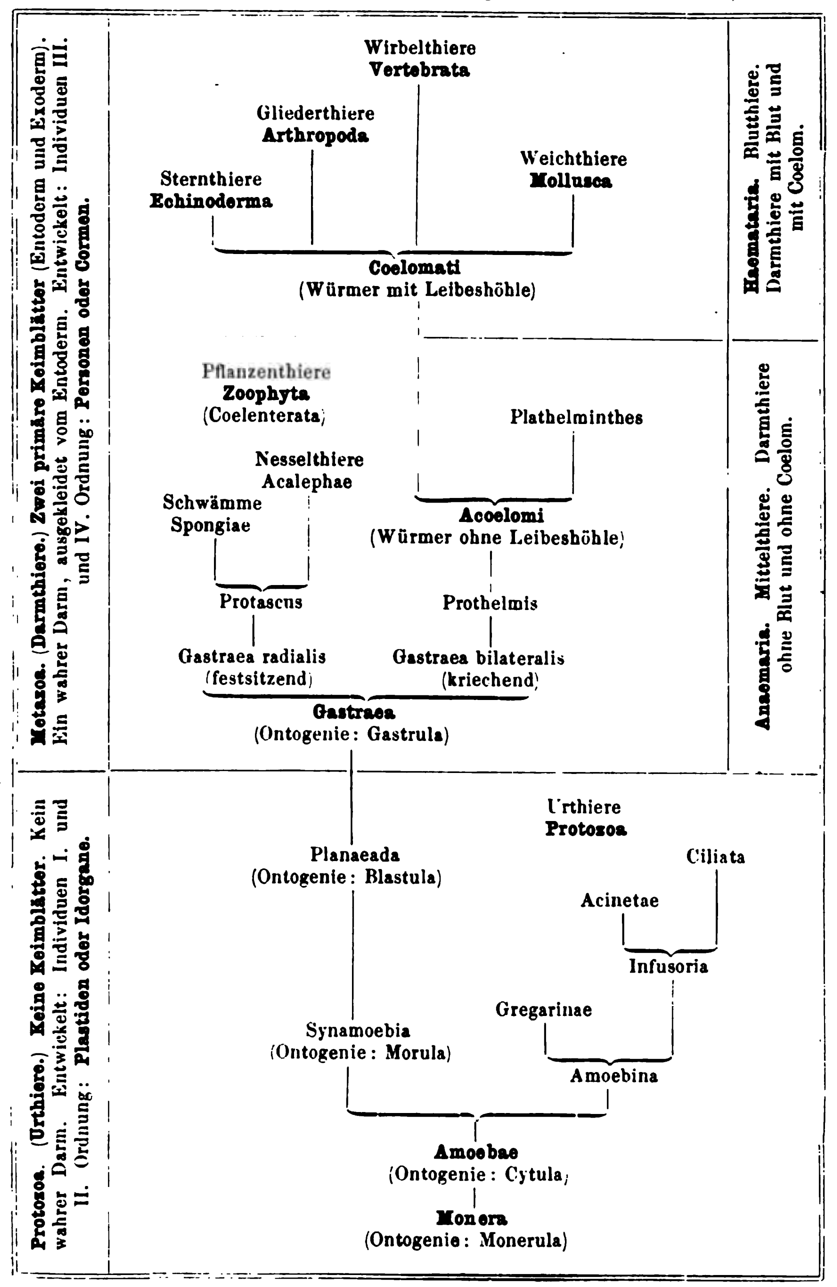
Achtzehnte Tabelle.

Uebersicht über das phylogenetische System des Thierreichs, gegründet auf die Gastraea-Theorie und die Homologie der Keimblätter[24].

Stämme oder Phylen des Thierreichs	Hauptklassen oder Stammäste des Thierreichs	Klassen des Thierreichs	Systematischer Name der Klassen
	Erstes Unterreich: Urthiere (Protozoa). Thiere ohne Keimblätter, ohne Darm, ohne eigentliche Gewebe.		
A. Urthiere Protozoa	I. Eithiere *Ovularia*	1. Moneren	1. Monera
		2. Amoeben	2. Lobosa
	II. Infusionsthiere *Infusoria*	3. Gregarinen	3. Gregarinae
		4. Sauginfusorien	4. Acinetae
		5. Wimperinfusorien	5. Ciliata
	Zweites Unterreich: Darmthiere (Metazoa). Thiere mit zwei primären Keimblättern, mit Darm, mit Geweben.		
B. Pflanzenthiere Zoophyta	III. Schwammthiere *Spongiae*	6. Urdarmthiere	6. Gastraeada
		7. Schwämme	7. Porifera
	IV. Nesselthiere *Acalephae*	8. Korallen	8. Coralla.
		9. Schirmquallen	9. Hydromedusae
		10. Kammquallen	10. Ctenophora
C. Wurmthiere Vermes	V. Dichtwürmer *Acoelomi*	11. Urwürmer	11. Archelminthes
		12. Plattwürmer	12. Plathelminthes
	VI. Blutwürmer *Coelomati*	13. Rundwürmer	13. Nemathelminthes
		14. Pfeilwürmer	14. Chaetognathi
		15. Räderthiere	15. Rotatoria
		16. Moosthiere	16. Bryozoa
		17. Mantelthiere	17. Tunicata
		18. Eichelwürmer	18. Enteropneusta
		19. Sternwürmer	19. Gephyrea
		20. Ringelwürmer	20. Annelida
D. Weichthiere Mollusca	VII. Kopflose *Acephala*	21. Tascheln	21. Spirobranchia
		22. Muscheln.	22. Lamellibranchia
	VIII. Kopfträger *Eucephala*	23. Schnecken	23. Cochlides
		24. Kracken	24. Cephalopoda
E. Sternthiere Echinoderma	IX. Gliederarmige *Colobrachia*	25. Seesterne	25. Asterida
		26. Seelilien	26. Crinoida
	X. Armlose *Lipobrachia*	27. Seeigel	27. Echinida
		28. Seegurken	28. Holothuriae
F. Gliederthiere Arthropoda	XI. Kiemenkerfe *Carides*	29. Krebsthiere	29. Crustacea
	XII. Tracheenkerfe *Tracheata*	30. Spinnen	30. Arachnida
		31. Tausendfüsser	31. Myriapoda
		32. Insecten	32. Insecta
G. Wirbelthiere Vertebrata	XIII. Schädellose *Acrania*	33. Rohrherzen	33. Leptocardia
	XIV. Unpaarnasen *Monorhina*	34. Rundmäuler	34. Cyclostoma
	XV. Amnionlose *Anamnia*	35. Fische	35. Pisces
		36. Lurchfische	36. Dipneusta
		37. Lurche	37. Amphibia
	XVI. Amnionthiere *Amniota*	38. Schleicher	38. Reptilia
		39. Vögel	39. Aves
		40. Säugethiere	40. Mammalia

Neunzehnte Tabelle.

Monophyletischer Stammbaum des Thierreichs, gegründet auf die Gastraea-Theorie und die Homologie der Keimblätter[24].



Die Gliederthiere (*Arthropoda*), zu denen die umfangreichste aller Thierklassen, die der Insecten gehört, ferner die Spinnen und Tausendfüsse, sowie die Krebsthiere oder Crustaceen, sind Descendenten von gegliederten Würmern, die in den heutigen Ringelwürmern (Anneliden) ihre nächsten Verwandten besitzen. Von ähnlichen gegliederten Würmern ist auch der Stamm der Sternthiere (*Echinoderma*) abzuleiten, zu denen die Seesterne, Seelilien, Seeigel und Seegurken gehören[118]. Auch die Stammform der Weichthiere (*Mollusca*), die aus den Kracken und Schnecken, Muscheln und Tascheln bestehen, ist unter den Würmern zu suchen. Allein diejenigen Coelomaten, welche diesen drei höheren Thierstämmen den Ursprung gegeben haben, waren ganz anderer Natur als die Chordonier. Sie haben niemals gleich den letzteren eine Chorda dorsalis entwickelt. Niemals hat sich bei ihnen der vordere Abschnitt des Darmrohres zu einem Kiemenkorbe mit Kiemenspalten umgestaltet: niemals hat sich ihr oberer Schlundknoten zu einem Markrohr ausgebildet. Mit einem Worte, niemals sind bei den Gliederthieren, Sternthieren und Weichthieren und bei ihren Coelomaten-Ahnen jene typischen Organisations-Eigenthümlichkeiten aufgetreten, welche bloss den Stamm der Wirbelthiere und seine nächsten wirbellosen Vorfahren charakterisiren. Es fällt mithin jetzt für unsere Betrachtung die grosse Mehrzahl aller Thiere ganz hinweg und wir haben uns nur noch mit den Wirbelthieren zu beschäftigen.

Die Entstehung der Wirbelthiere aus den nächstverwandten Wirbellosen, aus den Chordoniern, fand schon vor vielen Millionen Jahren statt und fällt jedenfalls noch in das archolithische Zeitalter. (S. die XII. Tabelle.) Diese Thatsache geht unzweifelhaft daraus hervor, dass die jüngsten sedimentären Gebirgsschichten, welche während jenes ungeheuren Zeitraumes abgelagert wurden, die obersten Schichten der ober-silurischen Formation, bereits Reste von versteinerten Fischen (und zwar Urfischen) enthalten. Da diese Fische, obwohl auf der tiefsten Stufe unter den Schädelthieren stehend, doch schon eine verhältnissmässig hohe Organisation besitzen, und da ihnen nothwendig eine lange Entwickelungsreihe von niederen schädellosen Wirbelthieren vorausgegangen sein muss, so müssen wir die Entstehung der ältesten Schädellosen aus den Chordathieren schon in einen viel früheren Abschnitt des archolithischen Zeitalters setzen. Es haben demnach nicht nur die sämmtlichen wirbellosen Vorfahren unseres Geschlechtes, sondern auch die ältesten Stufen unserer Wirbelthier-Ahnen schon in jener altersgrauen Vorzeit sich entwickelt,

welche die laurentische, cambrische und silurische Periode umfasst. (Vergl. die XIII, XIV. und XVI. Tabelle, S. 385, 394 und 412.)

Die Paläontologie kann uns leider weder über die Beschaffenheit unserer ältesten Wirbelthier-Ahnen, noch über die Zeit ihres Auftretens irgend etwas aussagen. Denn ihr Körper war eben so weich und entbehrte ebenso sehr aller festen und versteinerungsfähigen Bestandtheile, wie der Körper aller unserer vorausgegangenen wirbellosen Vorfahren. Es ist daher nicht zu verwundern, vielmehr ganz natürlich, dass wir von ihnen keine versteinerten Reste in den archolithischen Formationen finden. Erst mit den Fischen, bei denen das weiche Knorpel-Skelet sich theilweise in feste Knochen verwandelte, treten solche Wirbelthiere auf, die uns versteinerte Documente ihrer Existenz und ihres Baues hinterlassen konnten.

Glücklicherweise wird dieser Mangel mehr als aufgewogen durch die viel wichtigeren Zeugnisse der vergleichenden Anatomie und Ontogenie, die von nun an innerhalb des Wirbelthier-Stammbaumes unsere sichersten Leitsterne bilden. Dank den classischen Untersuchungen von GEORGE CUVIER, JOHANNES MÜLLER, THOMAS HUXLEY und vor Allen von CARL GEGENBAUR, gebieten wir jetzt schon in diesem wichtigsten Abschnitte unserer Stammesgeschichte über so ausgedehnte und lehrreiche Schöpfungsurkunden, dass wir mit der erfreulichsten Sicherheit wenigstens die bedeutendsten Grundzüge der Entwickelungsfolge unsererer Wirbelthier-Ahnen feststellen können.

Die charakteristischen Eigenthümlichkeiten, durch welche sich sämmtliche Wirbelthiere von sämmtlichen Wirbellosen unterscheiden, haben wir früher bereits gewürdigt, als wir den Körperbau des idealen Urwirbelthieres untersuchten (Fig. 52—56, S. 207). Vor allen anderen Merkmalen traten in den Vordergrund: 1) die Ausbildung der Chorda zwischen Markrohr und Darmrohr; 2) die Sonderung des Darmrohres in einen vorderen Kiemendarm und hinteren Magendarm; 3) die innere Gliederung oder Metamerenbildung. Die beiden ersten Eigenschaften theilen die Wirbelthiere noch mit den Ascidien-Larven und den Chordoniern: die dritte Eigenschaft besitzen sie allein. Demnach bestand der wichtigste Fortschritt in der Organisation, durch welchen die ältesten Wirbelthierformen aus den nächst verwandten Chordoniern hervorgingen, in dem Erwerb der inneren Metamerenbildung. Diese zeigte sich zunächst am deutlichsten in der Gliederung des Muskelsystems, welches rechts und links in eine Reihe hinter einander gelegener Muskelplatten zerfiel. Erst später prägte sich die Gliederung auch am Skelet, am Nervensystem und am Blut-

gefässsystem deutlich aus. Wie wir schon früher gesehen haben, ist dieser Process der Gliederung oder Metameren-Bildung wesentlich als terminale Knospenbildung aufzufassen. Jedes einzelne Rumpfsegment oder Metamer hat seinen individuellen Formwerth. Die innerlich gegliederten Wirbelthiere verhalten sich daher zu ihren ungegliederten wirbellosen Vorfahren, den Chordoniern, ganz ähnlich, wie die äusserlich gegliederten Ringelwürmer und Gliederthiere zu den einfachen ungegliederten Würmern, aus denen sie ursprünglich entstanden sind.

Das Verständniss der Stammesgeschichte der Wirbelthiere wird sehr erleichtert durch die naturgemässe Classification des Stammes, welche ich zuerst in meiner generellen Morphologie (1866) vorgeschlagen und später in der natürlichen Schöpfungsgeschichte mehrfach verbessert habe. (Vergl. die VI. Aufl. der letzteren, XX. Vortrag, S. 502, 512 u. s. w.) Danach müssen wir unter den heute noch lebenden Wirbelthieren mindestens folgende 8 Klassen unterscheiden:

Systematische Uebersicht der acht Wirbelthier-Klassen:

A. Schädellose, **Acrania:**			1. Rohrherzen	1. ***Leptocardia***
B. Schädelthiere **Craniota**	a. Unpaarnasen, **Monorhina**		2. Rundmäuler	2. ***Cyclostoma***
	b. Paarnasen **Amphirhina**	I. Amnionlose **Anamnia**	3. Fische	3. ***Pisces***
			4. Lurchfische	4. ***Dipneusta***
			5. Amphibien	5. ***Amphibia***
		II. Amnionthiere **Amniota**	6. Reptilien	6. ***Reptilia***
			7. Vögel	7. ***Aves***
			8. Säugethiere	8. ***Mammalia***

Der ganze Stamm der Wirbelthiere zerfällt zunächst in die beiden Hauptabtheilungen der Schädellosen und der Schädelthiere. Von der älteren und niederen Abtheilung der Schädellosen (*Acrania*) lebt heutzutage nur noch der Amphioxus. Zu der jüngeren und höheren Abtheilung der Schädelthiere (*Craniota*) gehören alle übrigen Wirbelthiere bis zum Menschen hinauf. Die Schädelthiere stammen von den Schädellosen ab, wie diese von den Chordathieren. Die ausführliche Untersuchung, welche wir über die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Ascidie und des Amphioxus anstellten, wird Sie bereits von diesen wichtigen Beziehungen überzeugt haben. (Vergl. den XIII. und XIV. Vortrag, sowie Taf. X und XI nebst Erklärung.) Als die wichtigste Thatsache von der grössten Tragweite will ich nur nochmals hervorheben, dass der Amphioxus sich ganz in derselben Weise aus dem Ei entwickelt, wie die Ascidie. Bei beiden entsteht auf ganz gleichem Wege aus der einfachen Stammzelle (Fig. 1 und 7)

durch primordiale Furchung die ursprüngliche Glocken-Gastrula (Fig. 4 und 10). Aus dieser geht jene merkwürdige Larvenform hervor, welche auf der Rückenseite des Darmrohrs ein Markrohr, und zwischen beiden Röhren eine Chorda entwickelt. Später sondert sich dann das Darmrohr (ebenso bei der Ascidie wie beim Amphioxus) in den vorderen Kiemendarm und den hinteren Magendarm. Diese fundamentalen Thatsachen können wir nach dem biogenetischen Grundgesetze für unsere Phylogenie direct zu dem wichtigen Satze verwerthen: Der Amphioxus, die niederste Wirbelthierform, und die Ascidie, die nächst verwandte wirbellose Thierform, stammen beide von einer und derselben ausgestorbenen Wurmform ab, welche im Wesentlichen die Organisation der Chordonier besessen haben muss.

Nun ist aber der Amphioxus, wie schon mehrfach hervorgehoben wurde, nicht allein deshalb von ganz ausserordentlicher Bedeutung, weil er in dieser Weise die tiefe Kluft zwischen den Wirbellosen und den Wirbelthieren ausfüllt, sondern auch deshalb, weil er uns das typische Wirbelthier in seiner einfachsten Gestalt noch heute vorführt, und weil er uns unmittelbar die wichtigsten Anhaltspunkte liefert, um die allmähliche historische Entwickelung des ganzen Stammes zu verstehen. Wenn uns der Körperbau und die Keimesgeschichte des Amphioxus unbekannt wären, so würde das ganze Verständniss der Entwickelung des Wirbelthierstammes und somit auch unseres eigenen Geschlechts von einem dichten Schleier verhüllt sein. Erst die genaue anatomische und ontogenetische Kenntniss des Amphioxus, die wir in den letzten Jahren gewonnen haben, hat jenen dichten, früher für undurchdringlich gehaltenen Schleier gelüftet. Wenn Sie den Amphioxus mit dem entwickelten Menschen oder irgend einem anderen höheren Wirbelthiere vergleichen, so ergiebt sich eine Menge von höchst auffallenden Unterschieden. Der Amphioxus hat, wie Sie wissen, noch keinen gesonderten Kopf, noch kein Gehirn, keinen Schädel, keine Kiefer, keine Gliedmaassen; ebenso fehlt ihm ein centralisirtes Herz, eine entwickelte Leber und Niere, eine gegliederte Wirbelsäule; alle einzelnen Organe erscheinen viel einfacher und ursprünglicher als bei den höheren Wirbelthieren und dem Menschen gebildet. (Vergl. die X. Tabelle, S. 373). Und dennoch, trotz aller dieser mannichfachen Abweichungen von dem Bau der übrigen Wirbelthiere, ist der Amphioxus ein echtes, ein unzweifelhaftes Wirbelthier; und wenn wir statt des entwickelten Menschen den menschlichen Embryo aus einer früheren Periode der Ontogenese mit dem Amphioxus vergleichen, so finden wir zwischen Beiden in allen

wesentlichen Stücken völlige Uebereinstimmung. (Vergl. die IX. Tabelle, S. 372.) Diese höchst bedeutungsvolle Uebereinstimmung berechtigt uns zu dem Schlusse, dass sämmtliche Schädelthiere von einer gemeinsamen uralten Stammform abstammen, welche im Wesentlichen dem Amphioxus gleichgebildet war. Diese Stammform, das älteste »Urwirbelthier«, besass bereits die Charaktere des Wirbelthieres als solchen, und dennoch fehlten ihm alle jene wichtigen Eigenthümlichkeiten, welche die Schädelthiere vor den Schädellosen auszeichnen. Wenn auch der Amphioxus in mancher Beziehung eigenthümlich organisirt erscheint und nicht etwa als ein unveränderter Abkömmling jenes Urwirbelthieres betrachtet werden kann, so wird er doch die bereits angeführten entscheidenden Charakterzüge von ihm geerbt haben. Wir dürfen daher nicht sagen: »Amphioxus ist der Stammvater der Wirbelthiere«; wohl aber dürfen wir sagen: »Amphioxus ist unter allen uns bekannten Thieren der nächste Verwandte dieses Stammvaters«: er gehört mit ihm in dieselbe engere Familien-Gruppe, in jene niederste Wirbelthier-Klasse, welche wir Schädellose (*Acrania*) nennen. In unserem menschlichen Stammbaum bildet diese Stammgruppe die neunte Stufe unserer Vorfahren-Kette, die erste Stufe unter den Wirbelthier-Ahnen. Aus dieser Acranier-Gruppe ist einerseits der Amphioxus, anderseits die Stammform der Schädelthiere, der Cranioten, hervorgegangen.

Die umfangreiche Hauptabtheilung der Schädelthiere (*Craniota*) umfasst alle uns bekannten Wirbelthiere, mit einziger Ausnahme des Amphioxus. Alle diese Schädelthiere besitzen einen deutlichen, vom Rumpfe innerlich gesonderten Kopf, und dieser enthält einen Schädel, in welchem ein Gehirn eingeschlossen liegt. Dieser Kopf ist zugleich der Träger von drei höheren Sinnesorganen, die den Schädellosen theilweise wohl fehlten (Nase, Auge, Ohr). Das Gehirn erscheint anfänglich nur in sehr einfacher Form, als eine vordere blasenförmige Auftreibung des Rückenmarkrohres (Taf. XI, Fig. 16 m_1). Bald aber zerfällt die letztere durch mehrere quere Einschnürungen in anfänglich drei, später fünf hinter einander liegende Hirnblasen. In dieser Ausbildung von Kopf, Schädel und Gehirn nebst den höheren Sinnesorganen liegt der wesentlichste Fortschritt, den die Stammformen der Schädelthiere über ihre Vorfahren, die Schädellosen, hinaus thaten. Ausserdem fanden aber auch andere Organe schon frühzeitig einen höheren Grad der Entwickelung: es erschien ein compactes centralisirtes Herz, eine höher ausgebildete Leber und Niere:

und auch in anderen Beziehungen machten sich bedeutungsvolle Fortschritte geltend.

Wir können unter den Schädelthieren zunächst wiederum zwei verschiedene Hauptabtheilungen trennen, nämlich die Unpaarnasen (*Monorhina*) und die Paarnasen (*Amphirhina*). Von den ersteren leben heutzutage nur noch sehr wenige Formen, welche gewöhnlich Rundmäuler (*Cyclostomi*) genannt werden. Diese sind aber deshalb von hohem Interesse, weil sie ihrer ganzen Organisation nach zwischen den Schädellosen und den Paarnasen stehen. Sie sind viel höher organisirt als die Acranier, viel niedriger als die Amphirhinen: und stellen auf diese Weise eine sehr willkommene phylogenetische Zwischengruppe zwischen beiden Abtheilungen dar. Wir dürfen sie daher als eine besondere, zehnte Stufe in unserer menschlichen Ahnen-Reihe aufführen.

Die wenigen, heute noch lebenden Arten der Cyclostomen-Klasse vertheilen sich auf zwei verschiedene Ordnungen, welche als Inger und Lampreten bezeichnet werden. Die Inger oder Schleimfische (*Myxinoides*) haben einen langgestreckten, cylindrischen, wurmähnlichen Körper. Sie wurden von LINNÉ zu den Würmern, von anderen Zoologen später bald zu den Fischen, bald zu den Amphibien, bald zu den Mollusken gerechnet. Die Myxinoiden leben im Meere, gewöhnlich schmarotzend auf Fischen, in deren Haut sie sich mittelst ihres runden Saugmundes und ihrer mit Zähnen bewaffneten Zunge einbohren. Bisweilen findet man sie in der Leibeshöhle der Fische (z. B. des Dorsches und Störes): sie sind dann auf ihrer Wanderung durch die Haut des Fisches bis in das Innere durchgedrungen. Die zweite Ordnung, die Lampreten (*Petromyzontes*), umfasst die bekannten Neunaugen oder Pricken, die Sie alle in marinirtem Zustande kennen werden: das kleine Flussneunauge (*Petromyzon fluviatilis*) und das grosse Seeneunauge (*Petromyzon marinus*, Fig. 190).

Man bezeichnet die Thierklasse, welche durch die beiden Gruppen der Myxinoiden und Petromyzonten gebildet wird, mit dem Namen Rundmäuler oder Kreismündige (*Cyclostomi*), weil ihr Mund eine kreisrunde oder halbkreisrunde Oeffnung bildet. Die Kiefer (Oberkiefer und Unterkiefer), welche allen höheren Wirbelthieren zukommen, fehlen den Cyclostomen vollständig, ebenso wie dem Amphioxus. Alle übrigen Wirbelthiere stehen ihnen daher als Kiefermündige (*Gnathostomi*) gegenüber. Man kann die Cyclostomen auch als Unpaarnasen (*Monorhina*) bezeichnen, weil sie nur ein einziges unpaares Nasenrohr besitzen, während die Kiefermündigen

sämmtlich mit einem Paar Nasenhöhlen versehen sind, einer rechten und einer linken Nasenhöhle (**Paarnasige**, *Amphirhina*). Aber auch abgesehen von diesen Eigenthümlichkeiten zeichnen sich die Cyclostomen durch viele andere sonderbare Einrichtungen ihres Körperbaues aus und sind von den Fischen weiter entfernt, als die Fische vom Menschen. Wir müssen sie daher offenbar als die letzten Ueberbleibsel einer sehr alten und sehr tief stehenden Wirbelthier-Klasse betrachten, welche noch lange nicht die Organisationshöhe eines wirklichen echten Fisches erreicht hatte. Um nur das Wichtigste hier kurz anzuführen, so fehlt den Cyclostomen noch jede Spur von Gliedmaassen. Ihre schleimige Haut ist ganz nackt und glatt, ohne Schuppen. Ein Knochengerüst fehlt ganz. Das innere Axen-Skelet ist noch eine ganz einfache Chorda ohne Gliederung, wie beim Amphioxus. Nur bei den Petromyzonten zeigt sich insofern ein erster Anfang der Gliederung, als in dem von der Chordaseite ausgehenden Wirbelrohr obere Bogen auftreten. Am vordersten Ende der Chorda entwickelt sich ein Schädel in seiner allereinfachsten Gestalt. Aus der Chordascheide entsteht hier eine weichhäutige, theilweise in Knorpel sich verwandelnde, kleine Schädelkapsel, welche das Gehirn einschliesst. Der wichtige Apparat der Kiemenbogen, des Zungenbeins etc., der sich von den Fischen bis zum Menschen vererbt, fehlt den Rundmäulern noch ganz. Sie haben allerdings ein knorpeliges oberflächlich gelegenes Kiemengerüste, aber von ganz anderer morphologischer Bedeutung. Hingegen treffen wir hier zum ersten Male das **Gehirn** an, jenes wichtige Seelen-Organ, welches sich von den Monorhinen bis zum Menschen hinauf vererbt hat. Freilich erscheint das Gehirn bei den Cyclostomen nur als eine sehr kleine und verhältnissmässig unbedeutende Anschwellung des Rückenmarks: an-

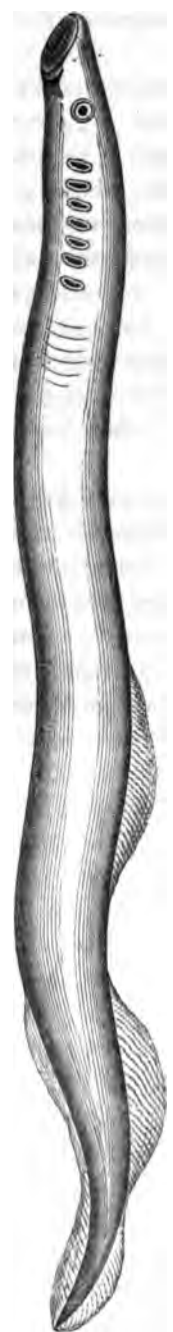


Fig. 190.

Fig. 190. **Das grosse Neunauge oder die See-Lamprete** (*Petromyzon marinus*), stark verkleinert. Hinter dem Auge ist die Reihe von sieben Kiemenspalten jederseits sichtbar.

fangs als einfache Blase (Taf. XI, Fig. 16 m_1), welche später in fünf hinter einander liegende Hirnblasen zerfällt, gleich dem Gehirn aller Amphirhinen. Diese fünf einfachen primitiven Hirnblasen, welche bei den Embryonen aller höheren Wirbelthiere ganz gleichmässig, von den Fischen bis zum Menschen hinauf, wiederkehren, und sich in sehr complicirte Gebilde verwandeln, bleiben bei den Cyclostomen auf einer sehr indifferenten und niederen Bildungsstufe stehen. Auch die histologische Elementar-Structur des Nervensystems ist unvollkommener als bei den übrigen Wirbelthieren. Während bei diesen das Gehörorgan immer drei Ringcanäle enthält, besitzen die Petromyzonten deren nur zwei und die Myxinoiden gar nur einen. Auch in den meisten übrigen Punkten ist die Organisation der Cyclostomen noch einfacher und unvollkommener, so z. B. in der Bildung des Herzens, des Kreislaufes, der Nieren. Der vordere Abschnitt des Darmcanals bildet allerdings auch hier, wie beim Amphioxus, die respiratorischen Kiemen. Allein diese Athmungsorgane entwickeln sich hier in ganz eigenthümlicher Weise: nämlich in Form von 6—7 Paar Beuteln oder Säckchen, welche zu beiden Seiten des Vorderdarmes liegen und durch innere Oeffnungen in den Schlund, durch äussere Oeffnungen auf der äusseren Haut münden. Das ist eine sehr eigenthümliche Ausbildung der Athmungsorgane, welche für diese Thierklasse ganz bezeichnend ist. Man hat sie daher auch Beutelkiemer (*Marsipobranchii*) genannt. Besonders hervorzuheben ist noch der Mangel eines sehr wichtigen Organes, welchem wir bei den Fischen begegnen, nämlich der Schwimmblase, aus welcher sich bei den höheren Wirbelthieren die Lunge entwickelt hat.

Wie demnach die Cyclostomen in ihrem gesammten anatomischen Körperbau vielerlei Eigenthümlichkeiten darbieten, so auch in der Keimesgeschichte. Eigenthümlich ist schon ihre ungleichmässige Eifurchung, welche sich am nächsten an diejenige der Amphibien anschliesst (Fig. 31, S. 166). Daraus geht eine Hauben-Gastrula hervor, wie bei den Amphibien (Taf. II, Fig. 11). Aus dieser entsteht eine sehr einfach organisirte Larvenform, welche sich ganz nahe an den Amphioxus anschliesst, und welche wir deshalb schon früher betrachtet und mit letzterem verglichen haben (S. 343 und Taf. VIII, Fig. 16). Die stufenweise Keimes-Entwickelung dieser Cyclostomen-Larve erläutert uns sehr klar und einleuchtend die allmähliche Stammes-Entwickelung der Schädelthiere aus den Schädellosen. Später geht aus dieser einfachen Petromyzon-Larve eine blinde und zahnlose Larvenform hervor, welche von der erwachsenen Lamprete

so sehr verschieden ist, dass sie bis vor zwanzig Jahren allgemein als eine besondere Fischgattung unter dem Namen Querder (*Ammocoetes*) beschrieben wurde. Erst durch eine weitere Metamorphose verwandelt sich später dieser blinde und zahnlose Ammocoetes in die mit Augen und Zähnen versehene Lamprete (*Petromyzon*)[147].

Wenn wir alle diese Eigenthümlichkeiten in dem Körperbau und in der Keimesgeschichte der Cyclostomen zusammenfassen, so dürfen wir folgenden Satz aufstellen: Die ältesten Schädelthiere oder Cranioten haben sich in zwei Linien gespalten. Die eine dieser Linien ist uns noch heute in wenig verändertem Zustande erhalten: das sind die Cyclostomen oder Monorhinen, eine wenig fortgeschrittene, auf tiefer Stufe stehen gebliebene Seitenlinie. Die andere Linie, die Hauptlinie des Wirbelthierstammes, setzte sich in gerader Richtung bis zu den Fischen fort und erwarb durch neue Anpassungen eine Menge wichtiger Vervollkommnungen.

Um die phylogenetische Bedeutung solcher interessanten Ueberbleibsel uralter Thiergruppen, wie es die Cyclostomen sind, richtig zu würdigen, ist es nothwendig, ihre mannichfachen Eigenthümlichkeiten mit dem philosophischen Messer der vergleichenden Anatomie kritisch zu prüfen. Man muss namentlich einerseits zwischen jenen hereditären Charakteren wohl unterscheiden, welche sich durch Vererbung von gemeinsamen, uralten, ausgestorbenen Vorfahren bis auf den heutigen Tag getreu erhalten haben; und anderseits jenen besonderen adaptiven Merkmalen, welche die heute noch lebenden Ueberbleibsel jener uralten Gruppe im Laufe der Zeit erst secundär durch Anpassung erworben haben. Zu diesen letzteren gehören z. B. bei den Cyclostomen die eigenthümliche Bildung der unpaaren Nase und des runden Saugmaules; sowie besondere Structur-Verhältnisse der äusseren Haut und der beutelförmigen Kiemen. Zu jenen ersteren Charakteren hingegen, die in phylogenetischer Beziehung allein Bedeutung besitzen, gehört die primitive Bildung der Wirbelsäule und des Gehirns, der Mangel der Schwimmblase, der Kiefer und der Extremitäten u. s. w.

Die Cyclostomen werden im zoologischen Systeme allgemein zu den Fischen gestellt: allein wie falsch dies ist, ergiebt sich einfach aus der Erwägung, dass in allen wichtigen und auszeichnenden Organisations-Eigenthümlichkeiten die Cyclostomen von den Fischen weiter entfernt sind, als die Fische von den Säugethieren und vom Menschen.

Achtzehnter Vortrag.

Die Ahnen-Reihe des Menschen.

III. Vom Urfisch bis zum Amnionthier.

»Die Phantasie ist ein unentbehrliches Gut; denn sie ist es, durch welche neue Combinationen zur Veranlassung wichtiger Entdeckungen gemacht werden. Die Kraft der Unterscheidung des isolirenden Verstandes sowohl, als der erweiternden und zum Allgemeinen strebenden Phantasie sind dem Naturforscher in einem harmonischen Wechselwirken nothwendig. Durch Störung dieses Gleichgewichts wird der Naturforscher von der Phantasie zu Träumereien hingerissen, während diese Gabe den talentvollen Naturforscher von hinreichender Verstandesstärke zu den wichtigsten Entdeckungen führt.«

Johannes Müller (1834).

Inhalt des achtzehnten Vortrages.

Die vergleichende Anatomie der Wirbelthiere. Die charakteristischen Eigenschaften der Paarnasen oder Kiefermündigen die paarige Nase, der Kiemenbogen-Apparat mit den Kieferbogen, die Schwimmblase, die beiden Beinpaare. Verwandtschafts-Verhältniss der drei Fischgruppen. Urfische oder Selachier, Schmelzfische oder Ganoiden, Knochenfische oder Teleostier. Beginn des Landlebens auf der Erde. Verwandlung der Schwimmblase in die Lunge. Mittelstellung der Dipneusten zwischen den Urfischen und Amphibien. Die drei noch lebenden Dipneusten Protopterus, Lepidosiren, Ceratodus. Umbildung der vielzehigen Fischflosse in den fünfzehigen Fuss. Ursachen und Wirkungen derselben. Abstammung aller höheren Wirbelthiere von einem fünfzehigen Amphibium. Mittelstellung der Amphibien zwischen den niederen und höheren Wirbelthieren. Verwandlung oder Metamorphose der Frösche. Verschiedene Stufen der Amphibien-Verwandlung. Kiemenlurche Proteus und Axolotl. Schwanzlurche Molche und Salamander. Froschlurche Frösche und Kröten. Hauptgruppe der Amnionthiere oder Amnioten Reptilien, Vögel und Säugethiere. Abstammung aller Amnioten von einer eidechsenartigen gemeinsamen Stammform Protamnion. Erste Bildung der Allantois und des Amnion. Spaltung der Amnioten in zwei verschiedene Linien einerseits Reptilien und Vögel, andererseits Säugethiere.

XVIII.

Meine Herren!

Je weiter wir in der Stammesgeschichte des Menschen vorwärts schreiten, desto mehr verengt sich das Gebiet des Thierreiches, auf dem wir nach ausgestorbenen Vorfahren des Menschengeschlechts zu suchen haben. Zugleich werden die Zeugnisse für die Entwickelungsgeschichte unseres Stammes, welche wir als Schöpfungsurkunden bezeichnet haben, die Zeugnisse der Ontogenie, der vergleichenden Anatomie und Paläontologie, immer zahlreicher, vollständiger und zuverlässiger. Daher muss natürlich, je mehr wir uns den höheren und höchsten Stufen des Thierreiches nähern, unsere Phylogenie eine desto bestimmtere Gestalt annehmen.

Insbesondere ist es die vergleichende Anatomie, welche bei diesen höheren Entwickelungsstufen des Thierreiches ungleich mehr als bei den niederen geleistet hat. Diese wichtige Wissenschaft, welche eine wahre Philosophie der organischen Formen erstrebt, ist in keiner Abtheilung der wirbellosen Thiere so vorgeschritten, wie im Stamme der Wirbelthiere. Nachdem hier schon George Cuvier, Friedrich Meckel und Johannes Müller ein tiefes und umfangreiches Fundament geschaffen, ist die vergleichende Anatomie der Wirbelthiere neuerdings vorzüglich durch die trefflichen Untersuchungen von Richard Owen und Thomas Huxley mächtig gefördert, vor Allen aber durch die unübertroffenen Arbeiten von Carl Gegenbaur so hoch ausgebildet worden, dass sie gegenwärtig zu den stärksten Stützen der Descendenz-Theorie gehört. Auf Grund dieser Zeugnisse können wir jetzt schon mit grosser Sicherheit die wichtigsten Grundzüge in der Stufenfolge und in der Verzweigung des Stammbaumes der Wirbelthiere erkennen.

Das systematische Gebiet, auf dem wir uns bewegen, hat sich schon jetzt, wo wir nicht einmal den archolithischen Zeitraum verlassen haben, so sehr verengt, dass von den sieben Stämmen des

Thierreiches nur noch ein einziger, derjenige der Wirbelthiere, überhaupt in Betracht kommt. Auch innerhalb dieses Stammes haben wir bereits die niedersten Stufen überschritten, und uns über die Schädellosen und Unpaarnasen bis zur Klasse der Fische erhoben. Mit den Fischen beginnt die grosse Hauptabtheilung der kiefermündigen Wirbelthiere oder der Paarnasen (Gnathostomen oder Amphirhinen). Wir haben nun zunächst von den *Fischen* weiter zu gehen, als von derjenigen Wirbelthierklasse, welche nach den Zeugnissen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie mit absoluter Sicherheit als die Stammklasse sämmtlicher höheren Wirbelthiere, sämmtlicher Kiefermündigen angesehen werden muss. Selbstverständlich kann kein einziger der lebenden Fische als directe Stammform der höheren Wirbelthiere betrachtet werden. Aber eben so sicher dürfen wir alle Wirbelthiere, welche wir von den Fischen bis zum Menschen hinauf unter dem Namen der Paarnasigen begreifen, von einer gemeinsamen ausgestorbenen fischartigen Stammform ableiten. Wenn wir diese uralte Stammform lebendig vor uns hätten, würden wir sie zweifellos als einen echten *Fisch* bezeichnen und im System in der Fischklasse unterbringen. Glücklicherweise ist gerade die vergleichende Anatomie und Systematik der Fische Dank den Arbeiten von JOHANNES MÜLLER und CARL GEGENBAUR jetzt so weit vorgeschritten, dass wir diese fundamentalen und höchst interessanten Verhältnisse sehr klar übersehen können.

Um den Stammbaum unseres Geschlechtes innerhalb des Wirbelthierstammes richtig zu verstehen, ist es von grosser Bedeutung, die maassgebenden Charaktere fest im Auge zu behalten, welche die Fische und die sämmtlichen anderen Paarnasen von den Unpaarnasen und den Schädellosen trennen. Gerade in Bezug auf diese entscheidenden Charakter-Merkmale stimmen die Fische mit allen anderen Paarnasen bis zum Menschen hinauf überein, und gerade darauf gründen wir unseren Anspruch der Verwandtschaft mit den Fischen (vergl. die X. Tabelle, S. 373). Als solche systematisch-anatomische Charaktere von höchster Bedeutung müssen namentlich folgende Eigenschaften der Amphirhinen oder Gnathostomen hervorgehoben werden: (1) die paarige Nasenbildung; (2) der innere Kiemenbogen-Apparat nebst den Kieferbogen; (3) die Schwimmblase oder Lunge; und (4) die beiden Beinpaare.

Was zunächst die *Nasenbildung* betrifft, auf deren Grund wir die Paarnasen von den Unpaarnasen trennen, so ist es sicher bedeutungsvoll, dass bei den Fischen schon die früheste Anlage der

Nase aus zwei völlig getrennten seitlichen Gruben der Kopfoberfläche besteht, gerade so wie beim Embryo des Menschen und aller höheren Wirbelthiere. Hingegen ist bei den Unpaarnasen und ebenso bei den Schädellosen schon die erste Anlage der Nase von Anfang an eine einzige unpaare Grube in der Mitte der Stirngegend. Nicht minder wichtig ist die höhere Ausbildung des Kiemenbogen-Gerüstes und des damit zusammenhängenden Kiefer-Apparates, die wir bei allen Paarnasen von den Fischen bis zum Menschen hinauf antreffen. Allerdings ist die uralte, schon bei den Ascidien vorhandene Umbildung des Vorderdarms zum Kiemendarme ursprünglich bei allen Wirbelthieren auf dieselbe einfache Grundlage zurückzuführen, und ganz charakteristisch sind in dieser Beziehung die Kiemenspalten, welche bei sämmtlichen Wirbelthieren und ebenso bei den Ascidien die Wände des Kiemendarmes durchbohren. Allein das äussere Kiemengerüst, welches bei den Schädellosen und Unpaarnasen den Kiemenkorb stützt, wird bei sämmtlichen Paarnasen durch ein inneres Kiemengerüst verdrängt, das an des ersteren Stelle tritt. Dasselbe besteht aus einer Anzahl hinter einander gelegener knorpeliger Bogen, welche zwischen den Kiemenspalten innen in der Schlundwand liegen und den Schlund ringförmig von beiden Seiten her umgreifen. Das vorderste dieser Kiemenbogen-Paare gestaltet sich zum Kieferbogen, aus dem unser Oberkiefer und Unterkiefer entstanden ist.

Ein dritter wesentlicher Charakter sämmtlicher Paarnasen, durch welchen sie sich von den bisher betrachteten niederen Wirbelthieren sehr bedeutend unterscheiden, ist die Ausbildung eines Blindsackes, welcher sich aus dem vorderen Theile des Darmcanales hervorstülpt und zunächst bei den Fischen zu der mit Luft gefüllten Schwimmblase gestaltet (Taf. V, Fig. 13 *lu*). Indem dieses Organ durch den mehr oder weniger comprimirten Zustand der Luft, welche es enthält, oder durch die wechselnde Quantität dieses Luftgehaltes, dem Fische ein mehr oder weniger hohes specifisches Gewicht verleiht, dient es als hydrostatischer Apparat. Der Fisch kann mittelst desselben im Wasser auf- und niedersteigen. Diese Schwimmblase ist das Organ, aus dem sich die Lunge der höheren Wirbelthiere entwickelt hat. Endlich treffen wir als vierten Hauptcharakter der Amphirhinen in der ursprünglichen Anlage des Embryo zwei Paar Extremitäten oder Gliedmaassen: ein Paar Vorderbeine, welche bei den Fischen Brustflossen genannt werden (Fig. 191 *v*), und ein Paar Hinterbeine, welche bei den Fischen Bauchflossen heissen (Fig. 191 *h*). Gerade die ver-

gleichende Anatomie dieser Flossen ist von dem allerhöchsten Interesse, weil dieselben bereits die Anlage für alle diejenigen Skelettheile enthalten, welche bei den höheren Wirbelthieren bis zum Menschen hinauf das Gerüste der Extremitäten, der Vorder- und der Hinterbeine bilden. Hingegen ist bei den Schädellosen und Unpaarnasen von diesen beiden Gliedmaassen-Paaren noch keine Spur vorhanden. Ausser diesen vier wichtigsten Charakter-Eigenschaften der Paarnasen könnten wir nun noch den Besitz eines sympathischen Nervensystems, einer Milz, einer Bauchspeicheldrüse nennen: lauter Organe, welche den bisher betrachteten niederen Wirbelthieren fehlen. Alle diese wichtigen Theile haben sich von den Fischen bis zum Menschen hinauf vererbt, und hieraus allein geht schon hervor, welche grosse Kluft die Fische von den Schädellosen und von den Unpaarnasen trennt. In allen diesen Charakteren stimmen hingegen die Fische mit dem Menschen überein (X. Tabelle).

Wenden wir uns nun zur näheren Betrachtung der Fischklasse selbst, so können wir dieselbe zunächst in drei Hauptgruppen oder Unterklassen zerfällen, deren Genealogie uns vollkommen klar vor Augen liegt. Die erste und älteste Gruppe ist die Unterklasse der *Selachier* oder *Urfische*, von denen die bekanntesten Fische der Gegenwart die formenreichen Ordnungen der Haifische und der Rochen sind (Fig. 191, 192). An diese schliesst sich zweitens als eine weitere Entwickelungsform in der besonderen Fischrichtung die Unterklasse der *Schmelzfische* oder *Ganoiden* an. Sie ist seit langer Zeit zum grössten Theile ausgestorben, und wir kennen nur noch sehr wenige lebende Repräsentanten: Stör und Hausen in unseren Meeren, Polypterus in afrikanischen Flüssen, Lepidosteus und Amia in amerikanischen Flüssen. Hingegen können wir den früheren Formenreichthum dieser interessanten Gruppe aus den massenhaft erhaltenen Versteinerungen beurtheilen. Aus diesen Schmelzfischen hat sich drittens die Unterklasse der *Knochenfische* oder *Teleostier* entwickelt, wohin die grosse Mehrzahl aller lebenden Fische gehört (namentlich fast alle unsere Flussfische). Die vergleichende Anatomie und Ontogenie zeigt uns nun ganz deutlich, dass die Ganoiden ebenso aus den Selachiern entstanden sind, wie die Teleostier aus den Ganoiden. Auf der anderen Seite hat sich aber aus den Urfischen heraus eine andere Seitenlinie oder vielmehr die weiter aufsteigende Hauptlinie des Wirbelthierstammes entwickelt, welche uns durch die Gruppe der Dipneusten zur wichtigen Abtheilung der Amphibien hinüberführt.

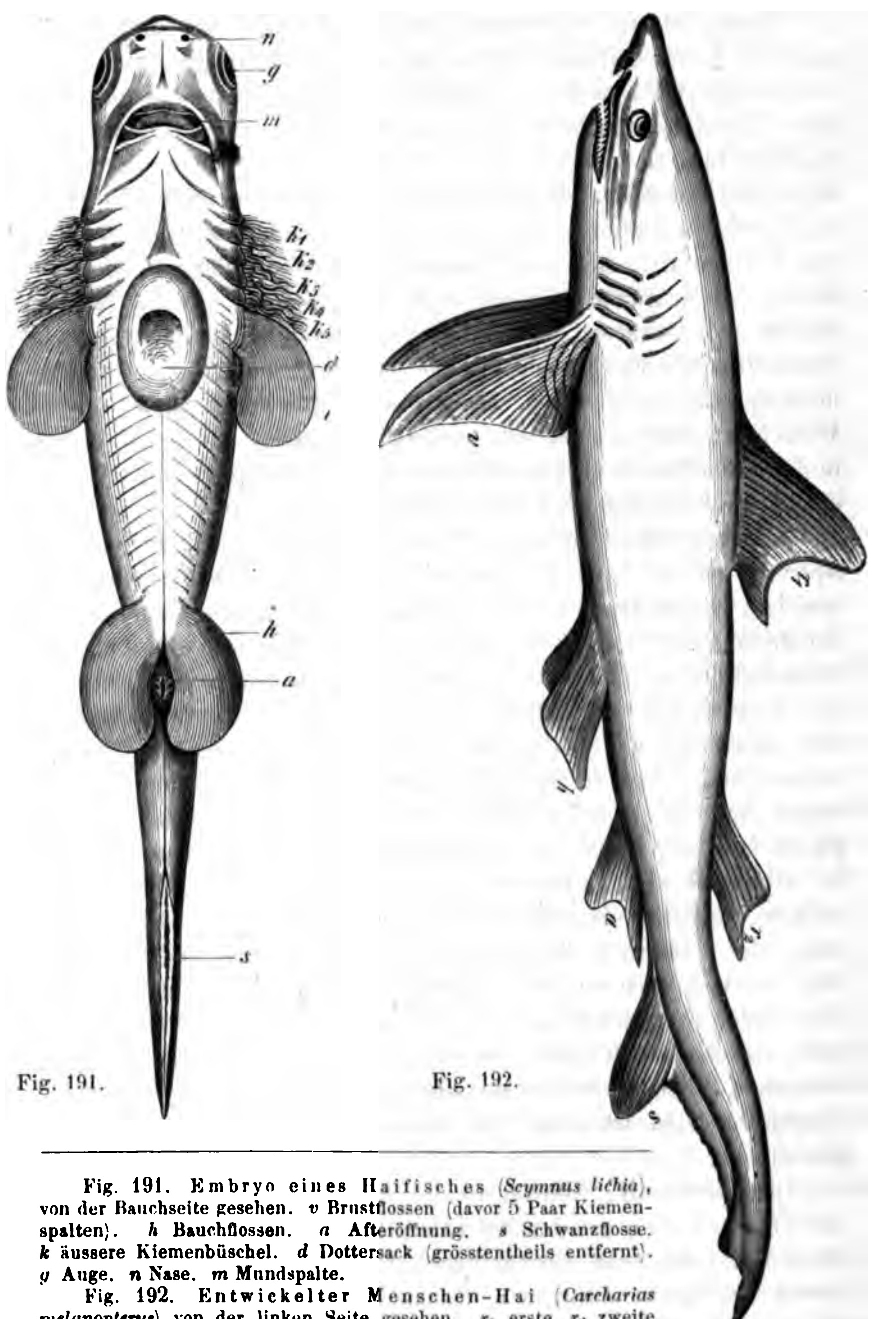


Fig. 191. **Embryo eines Haifisches** (*Scymnus lichia*), von der Bauchseite gesehen. *v* Brustflossen (davor 5 Paar Kiemenspalten). *h* Bauchflossen. *a* Afteröffnung. *s* Schwanzflosse. *k* äussere Kiemenbüschel. *d* Dottersack (grösstentheils entfernt). *g* Auge. *n* Nase. *m* Mundspalte.

Fig. 192. **Entwickelter Menschen-Hai** (*Carcharias melanopterus*) von der linken Seite gesehen. r_1 erste, r_2 zweite Rückenflosse. *s* Schwanzflosse. *a* Afterflosse. *v* Brustflossen. *h* Bauchflossen.

Dieses wichtige Verwandtschafts-Verhältniss der drei Fischgruppen kann seit den betreffenden Untersuchungen von CARL GEGENBAUR nicht mehr zweifelhaft sein. Die lichtvolle Erörterung über »die systematische Stellung der Selachier«, welche derselbe in die Einleitung zu seinen klassischen Untersuchungen über »das Kopfskelet der Selachier« eingeflochten hat, muss als definitive Feststellung jener bedeutungsvollen Verwandtschaft betrachtet werden[148]. Nur bei den Urfischen oder Selachiern sind die Schuppen (Hautanhänge und die Zähne (Kieferanhänge) noch von ganz gleicher Bildung und Structur, während sie sich bei den anderen beiden Fischgruppen (Schmelzfischen und Knochenfischen) bereits gesondert und verschiedenartig ausgebildet haben. Ebenso ist das knorpelige Skelet (sowohl Wirbelsäule und Schädel, als auch Gliedmaassen) bei den Urfischen in der einfachsten und ursprünglichsten Beschaffenheit zu finden, aus der die Beschaffenheit des knöchernen Skelets bei den Schmelzfischen und Knochenfischen erst abgeleitet werden kann. Auch der Kiemen-Apparat der letzteren ist stärker differenzirt, als derjenige der ersteren, ebenso das Gehirn. In einigen Beziehungen (namentlich in der Bildung des Herzens und des Darmcanals) stimmen allerdings die Schmelzfische mit den Urfischen überein und unterscheiden sich von den Knochenfischen. Allein bei vergleichender Berücksichtigung aller anatomischen Verhältnisse ergiebt sich unzweifelhaft, dass die Schmelzfische eine verbindende Zwischengruppe zwischen den Urfischen und den Knochenfischen darstellen. Die Urfische sind die älteste und ursprünglichste Fischgruppe. Nach der einen Richtung hin haben sich aus den Urfischen die sämmtlichen übrigen Fische entwickelt, zunächst die Schmelzfische, aus diesen viel später in der Jura- oder Kreidezeit die Knochenfische. Nach einer anderen Richtung hin entstanden aus den Urfischen die Stammformen der höheren Wirbelthiere, zunächst die Dipneusten und weiterhin die Amphibien. Wenn wir also die Selachier als die elfte Stufe unseres Stammbaumes anzusehen haben, so würde sich als zwölfte Stufe daran zunächst die Gruppe der Dipneusten und als dreizehnte Stufe die der Amphibien anschliessen.

Der Fortschritt, welcher in der Entwickelung der Lurchfische oder Dipneusten aus den Selachiern liegt, ist sehr bedeutend, und hängt mit einer sehr beträchtlichen Veränderung des organischen Lebens im Ganzen zusammen, welche im Beginn der paläozoischen oder primären Periode vor sich ging. Alle die zahlreichen versteinerten Pflanzenreste und Thierreste nämlich, welche wir aus den ersten

drei Abschnitten der Erdgeschichte, aus der laurentischen, cambrischen und silurischen Periode kennen, gehören ausschliesslich im Wasser lebenden Pflanzen und Thieren an. Aus dieser paläontologischen Thatsache, im Verein mit wichtigen geologischen und biologischen Erwägungen, dürfen wir mit ziemlicher Sicherheit den Schluss ziehen, dass landbewohnende Thiere überhaupt damals noch nicht existirten. Während des ganzen ungeheuren archozoischen Zeitraumes, viele Millionen Jahre hindurch, bestand die lebende Bevölkerung unseres Erdballs bloss aus Wasserbewohnern — eine höchst merkwürdige Thatsache, wenn Sie sich erinnern, dass dieser Zeitraum die grössere Hälfte der ganzen organischen Erdgeschichte umfasst. Die niederen Thierstämme sind ohnehin ausschliesslich (oder mit sehr geringen Ausnahmen) Wasserbewohner. Aber auch die höheren Thierstämme blieben ohne Ausnahme während des archozoischen oder primordialen Zeitraumes dem Aufenthalte im Wasser angepasst. Erst später gingen sie zum Landleben über. Zuerst erscheinen Versteinerungen von landbewohnenden Thieren in den devonischen Schichten, welche im Beginne des zweiten grossen Hauptabschnittes der Erdgeschichte (des paläozoischen Zeitalters) abgelagert wurden. Ihre Zahl nimmt beträchtlich zu in den Ablagerungen der Steinkohlenzeit und der permischen Periode. Sowohl aus dem Stamme der Gliederthiere, wie aus dem Stamme der Wirbelthiere, finden wir da bereits zahlreiche Arten vor, die das Festland bewohnten und Luft athmeten; während ihre wasserbewohnenden Vorfahren der Silurzeit nur Wasser athmeten. Diese physiologisch bedeutende Verwandelung der Athmungsweise ist die einflussreichste Aenderung, welche den thierischen Organismus beim Uebergang aus dem Wasser auf das Festland betraf. Zunächst wurde dadurch die Ausbildung eines Luftathmungs-Organes, der Lunge, hervorgerufen, während bis dahin ausschliesslich die wasserathmenden Kiemen als Respirations-Organe fungirten. Gleichzeitig wurde aber dadurch eine beträchtliche Veränderung im Blutkreislaufe und seinen Organen hervorgebracht; denn diese stehen immer in der innigsten Wechselbeziehung oder Correlation zu den Athmungs-Organen. Weiterhin wurden auch andere Organe, entweder in Folge entfernterer Wechselbeziehungen zu jenen, oder durch neue Anpassungen, ebenfalls mehr oder minder umgebildet.

Im Wirbelthierstamme war es nun unzweifelhaft ein Zweig der Urfische oder Selachier, welcher während der devonischen Periode die ersten glücklichen Erfolge machte, sich an das Leben auf dem Lande zu gewöhnen und atmosphärische Luft zu athmen. Hierbei

Dieses wichtige Verwandtschafts-Verhältniss der drei Fischgruppen kann seit den betreffenden Untersuchungen von CARL GEGENBAUR nicht mehr zweifelhaft sein. Die lichtvolle Erörterung über »die systematische Stellung der Selachier«, welche derselbe in die Einleitung zu seinen klassischen Untersuchungen über »das Kopfskelet der Selachier« eingeflochten hat, muss als definitive Feststellung jener bedeutungsvollen Verwandtschaft betrachtet werden [148]. Nur bei den Urfischen oder Selachiern sind die Schuppen (Hautanhänge) und die Zähne (Kieferanhänge) noch von ganz gleicher Bildung und Structur, während sie sich bei den anderen beiden Fischgruppen (Schmelzfischen und Knochenfischen) bereits gesondert und verschiedenartig ausgebildet haben. Ebenso ist das knorpelige Skelet (sowohl Wirbelsäule und Schädel, als auch Gliedmaassen) bei den Urfischen in der einfachsten und ursprünglichsten Beschaffenheit zu finden, aus der die Beschaffenheit des knöchernen Skelets bei den Schmelzfischen und Knochenfischen erst abgeleitet werden kann. Auch der Kiemen-Apparat der letzteren ist stärker differenzirt, als derjenige der ersteren, ebenso das Gehirn. In einigen Beziehungen (namentlich in der Bildung des Herzens und des Darmcanals) stimmen allerdings die Schmelzfische mit den Urfischen überein und unterscheiden sich von den Knochenfischen. Allein bei vergleichender Berücksichtigung aller anatomischen Verhältnisse ergiebt sich unzweifelhaft, dass die Schmelzfische eine verbindende Zwischengruppe zwischen den Urfischen und den Knochenfischen darstellen. Die Urfische sind die älteste und ursprünglichste Fischgruppe. Nach der einen Richtung hin haben sich aus den Urfischen die sämmtlichen übrigen Fische entwickelt, zunächst die Schmelzfische, aus diesen viel später (in der Jura- oder Kreidezeit die Knochenfische. Nach einer anderen Richtung hin entstanden aus den Urfischen die Stammformen der höheren Wirbelthiere, zunächst die Dipneusten und weiterhin die Amphibien. Wenn wir also die Selachier als die elfte Stufe unseres Stammbaumes anzusehen haben, so würde sich als zwölfte Stufe daran zunächst die Gruppe der Dipneusten und als dreizehnte Stufe die der Amphibien anschliessen.

Der Fortschritt, welcher in der Entwickelung der Lurchfische oder Dipneusten aus den Selachiern liegt, ist sehr bedeutend, und hängt mit einer sehr beträchtlichen Veränderung des organischen Lebens im Ganzen zusammen, welche im Beginn der paläozoischen oder primären Periode vor sich ging. Alle die zahlreichen versteinerten Pflanzenreste und Thierreste nämlich, welche wir aus den ersten

drei Abschnitten der Erdgeschichte, aus der laurentischen, cambrischen und silurischen Periode kennen, gehören ausschliesslich im Wasser lebenden Pflanzen und Thieren an. Aus dieser paläontologischen Thatsache, im Verein mit wichtigen geologischen und biologischen Erwägungen, dürfen wir mit ziemlicher Sicherheit den Schluss ziehen, dass landbewohnende Thiere überhaupt damals noch nicht existirten. Während des ganzen ungeheuren archozoischen Zeitraumes, viele Millionen Jahre hindurch, bestand die lebende Bevölkerung unseres Erdballs bloss aus Wasserbewohnern — eine höchst merkwürdige Thatsache, wenn Sie sich erinnern, dass dieser Zeitraum die grössere Hälfte der ganzen organischen Erdgeschichte umfasst. Die niederen Thierstämme sind ohnehin ausschliesslich (oder mit sehr geringen Ausnahmen) Wasserbewohner. Aber auch die höheren Thierstämme blieben ohne Ausnahme während des archozoischen oder primordialen Zeitraumes dem Aufenthalte im Wasser angepasst. Erst später gingen sie zum Landleben über. Zuerst erscheinen Versteinerungen von landbewohnenden Thieren in den devonischen Schichten, welche im Beginne des zweiten grossen Hauptabschnittes der Erdgeschichte (des paläozoischen Zeitalters) abgelagert wurden. Ihre Zahl nimmt beträchtlich zu in den Ablagerungen der Steinkohlenzeit und der permischen Periode. Sowohl aus dem Stamme der Gliederthiere, wie aus dem Stamme der Wirbelthiere, finden wir da bereits zahlreiche Arten vor, die das Festland bewohnten und Luft athmeten; während ihre wasserbewohnenden Vorfahren der Silurzeit nur Wasser athmeten. Diese physiologisch bedeutende Verwandelung der Athmungsweise ist die einflussreichste Aenderung, welche den thierischen Organismus beim Uebergang aus dem Wasser auf das Festland betraf. Zunächst wurde dadurch die Ausbildung eines Luftathmungs-Organes, der Lunge, hervorgerufen, während bis dahin ausschliesslich die wasserathmenden Kiemen als Respirations-Organe fungirten. Gleichzeitig wurde aber dadurch eine beträchtliche Veränderung im Blutkreislaufe und seinen Organen hervorgebracht; denn diese stehen immer in der innigsten Wechselbeziehung oder Correlation zu den Athmungs-Organen. Weiterhin wurden auch andere Organe, entweder in Folge entfernterer Wechselbeziehungen zu jenen, oder durch neue Anpassungen, ebenfalls mehr oder minder umgebildet.

Im Wirbelthierstamme war es nun unzweifelhaft ein Zweig der Urfische oder Selachier, welcher während der devonischen Periode die ersten glücklichen Erfolge machte, sich an das Leben auf dem Lande zu gewöhnen und atmosphärische Luft zu athmen. Hierbei

Inhalt des achtzehnten Vortrages.

Die vergleichende Anatomie der Wirbelthiere. Die charakteristischen Eigenschaften der Paarnasen oder Kiefermündigen: die paarige Nase, der Kiemenbogen-Apparat mit den Kieferbogen, die Schwimmblase, die beiden Beinpaare. Verwandtschafts-Verhältniss der drei Fischgruppen: Urfische oder Selachier, Schmelzfische oder Ganoiden, Knochenfische oder Teleostier. Beginn des Landlebens auf der Erde. Verwandlung der Schwimmblase in die Lunge. Mittelstellung der Dipneusten zwischen den Urfischen und Amphibien. Die drei noch lebenden Dipneusten (Protopterus, Lepidosiren, Ceratodus). Umbildung der vielzehigen Fischflosse in den fünfzehigen Fuss. Ursachen und Wirkungen derselben. Abstammung aller höheren Wirbelthiere von einem fünfzehigen Amphibium. Mittelstellung der Amphibien zwischen den niederen und höheren Wirbelthieren. Verwandlung oder Metamorphose der Frösche. Verschiedene Stufen der Amphibien-Verwandlung. Kiemenlurche (Proteus und Axolotl). Schwanzlurche (Molche und Salamander). Froschlurche (Frösche und Kröten). Hauptgruppe der Amnionthiere oder Amnioten (Reptilien, Vögel und Säugethiere). Abstammung aller Amnioten von einer eidechsenartigen gemeinsamen Stammform (Protamnion). Erste Bildung der Allantois und des Amnion. Spaltung der Amnioten in zwei verschiedene Linien: einerseits Reptilien (und Vögel), anderseits Säugethiere.

XVIII.

Meine Herren!

Je weiter wir in der Stammesgeschichte des Menschen vorwärts schreiten, desto mehr verengt sich das Gebiet des Thierreiches, auf dem wir nach ausgestorbenen Vorfahren des Menschengeschlechts zu suchen haben. Zugleich werden die Zeugnisse für die Entwickelungsgeschichte unseres Stammes, welche wir als Schöpfungsurkunden bezeichnet haben, die Zeugnisse der Ontogenie, der vergleichenden Anatomie und Paläontologie, immer zahlreicher, vollständiger und zuverlässiger. Daher muss natürlich, je mehr wir uns den höheren und höchsten Stufen des Thierreiches nähern, unsere Phylogenie eine desto bestimmtere Gestalt annehmen.

Insbesondere ist es die vergleichende Anatomie, welche bei diesen höheren Entwickelungsstufen des Thierreiches ungleich mehr als bei den niederen geleistet hat. Diese wichtige Wissenschaft, welche eine wahre Philosophie der organischen Formen erstrebt, ist in keiner Abtheilung der wirbellosen Thiere so vorgeschritten, wie im Stamme der Wirbelthiere. Nachdem hier schon George Cuvier, Friedrich Meckel und Johannes Müller ein tiefes und umfangreiches Fundament geschaffen, ist die vergleichende Anatomie der Wirbelthiere neuerdings vorzüglich durch die trefflichen Untersuchungen von Richard Owen und Thomas Huxley mächtig gefördert, vor Allen aber durch die unübertroffenen Arbeiten von Carl Gegenbaur so hoch ausgebildet worden, dass sie gegenwärtig zu den stärksten Stützen der Descendenz-Theorie gehört. Auf Grund dieser Zeugnisse können wir jetzt schon mit grosser Sicherheit die wichtigsten Grundzüge in der Stufenfolge und in der Verzweigung des Stammbaumes der Wirbelthiere erkennen.

Das systematische Gebiet, auf dem wir uns bewegen, hat sich schon jetzt, wo wir nicht einmal den archolithischen Zeitraum verlassen haben, so sehr verengt, dass von den sieben Stämmen des

Thierreiches nur noch ein einziger, derjenige der Wirbelthiere, überhaupt in Betracht kommt. Auch innerhalb dieses Stammes haben wir bereits die niedersten Stufen überschritten, und uns über die Schädellosen und Unpaarnasen bis zur Klasse der Fische erhoben. Mit den Fischen beginnt die grosse Hauptabtheilung der kiefermündigen Wirbelthiere oder der Paarnasen (Gnathostomen oder Amphirhinen). Wir haben nun zunächst von den Fischen weiter zu gehen, als von derjenigen Wirbelthierklasse, welche nach den Zeugnissen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie mit absoluter Sicherheit als die Stammklasse sämmtlicher höheren Wirbelthiere, sämmtlicher Kiefermündigen angesehen werden muss. Selbstverständlich kann kein einziger der lebenden Fische als directe Stammform der höheren Wirbelthiere betrachtet werden. Aber eben so sicher dürfen wir alle Wirbelthiere, welche wir von den Fischen bis zum Menschen hinauf unter dem Namen der Paarnasigen begreifen, von einer gemeinsamen ausgestorbenen fischartigen Stammform ableiten. Wenn wir diese uralte Stammform lebendig vor uns hätten, würden wir sie zweifellos als einen echten Fisch bezeichnen und im System in der Fischklasse unterbringen. Glücklicherweise ist gerade die vergleichende Anatomie und Systematik der Fische (Dank den Arbeiten von Johannes Müller und Carl Gegenbaur) jetzt so weit vorgeschritten, dass wir diese fundamentalen und höchst interessanten Verhältnisse sehr klar übersehen können.

Um den Stammbaum unseres Geschlechtes innerhalb des Wirbelthierstammes richtig zu verstehen, ist es von grosser Bedeutung, die maassgebenden Charaktere fest im Auge zu behalten, welche die Fische und die sämmtlichen anderen Paarnasen von den Unpaarnasen und den Schädellosen trennen. Gerade in Bezug auf diese entscheidenden Charakter-Merkmale stimmen die Fische mit allen anderen Paarnasen bis zum Menschen hinauf überein, und gerade darauf gründen wir unseren Anspruch der Verwandtschaft mit den Fischen (vergl. die X. Tabelle, S. 373). Als solche systematisch-anatomische Charaktere von höchster Bedeutung müssen namentlich folgende Eigenschaften der Amphirhinen oder Gnathostomen hervorgehoben werden: (1) die paarige Nasenbildung; (2) der innere Kiemenbogen-Apparat nebst den Kieferbogen; (3) die Schwimmblase oder Lunge; und (4) die beiden Beinpaare.

Was zunächst die Nasenbildung betrifft, auf deren Grund wir die Paarnasen von den Unpaarnasen trennen, so ist es sicher bedeutungsvoll, dass bei den Fischen schon die früheste Anlage der

Nase aus zwei völlig getrennten seitlichen Gruben der Kopfoberfläche besteht, gerade so wie beim Embryo des Menschen und aller höheren Wirbelthiere. Hingegen ist bei den Unpaarnasen und ebenso bei den Schädellosen schon die erste Anlage der Nase von Anfang an eine einzige unpaare Grube in der Mitte der Stirngegend. Nicht minder wichtig ist die höhere Ausbildung des Kiemenbogen-Gerüstes und des damit zusammenhängenden Kiefer-Apparates, die wir bei allen Paarnasen von den Fischen bis zum Menschen hinauf antreffen. Allerdings ist die uralte, schon bei den Ascidien vorhandene Umbildung des Vorderdarms zum Kiemendarme ursprünglich bei allen Wirbelthieren auf dieselbe einfache Grundlage zurückzuführen, und ganz charakteristisch sind in dieser Beziehung die Kiemenspalten, welche bei sämmtlichen Wirbelthieren und ebenso bei den Ascidien die Wände des Kiemendarmes durchbohren. Allein das äussere Kiemengerüst, welches bei den Schädellosen und Unpaarnasen den Kiemenkorb stützt, wird bei sämmtlichen Paarnasen durch ein inneres Kiemengerüst verdrängt, das an des ersteren Stelle tritt. Dasselbe besteht aus einer Anzahl hinter einander gelegener knorpeliger Bogen, welche zwischen den Kiemenspalten innen in der Schlundwand liegen und den Schlund ringförmig von beiden Seiten her umgreifen. Das vorderste dieser Kiemenbogen-Paare gestaltet sich zum Kieferbogen, aus dem unser Oberkiefer und Unterkiefer entstanden ist.

Ein dritter wesentlicher Charakter sämmtlicher Paarnasen, durch welchen sie sich von den bisher betrachteten niederen Wirbelthieren sehr bedeutend unterscheiden, ist die Ausbildung eines Blindsackes, welcher sich aus dem vorderen Theile des Darmcanales hervorstülpt und zunächst bei den Fischen zu der mit Luft gefüllten Schwimmblase gestaltet (Taf. V, Fig. 13 *lu*). Indem dieses Organ durch den mehr oder weniger comprimirten Zustand der Luft, welche es enthält, oder durch die wechselnde Quantität dieses Luftgehaltes, dem Fische ein mehr oder weniger hohes specifisches Gewicht verleiht, dient es als hydrostatischer Apparat. Der Fisch kann mittelst desselben im Wasser auf- und niedersteigen. Diese Schwimmblase ist das Organ, aus dem sich die Lunge der höheren Wirbelthiere entwickelt hat. Endlich treffen wir als vierten Hauptcharakter der Amphirhinen in der ursprünglichen Anlage des Embryo zwei Paar Extremitäten oder Gliedmaassen: ein Paar Vorderbeine, welche bei den Fischen Brustflossen genannt werden (Fig. 191 *v*), und ein Paar Hinterbeine, welche bei den Fischen Bauchflossen heissen (Fig. 191 *h*). Gerade die ver-

gleichende Anatomie dieser Flossen ist von dem allerhöchsten Interesse, weil dieselben bereits die Anlage für alle diejenigen Skelettheile enthalten, welche bei den höheren Wirbelthieren bis zum Menschen hinauf das Gerüste der Extremitäten, der Vorder- und der Hinterbeine bilden. Hingegen ist bei den Schädellosen und Unpaarnasen von diesen beiden Gliedmaassen-Paaren noch keine Spur vorhanden. Ausser diesen vier wichtigsten Charakter-Eigenschaften der Paarnasen könnten wir nun noch den Besitz eines sympathischen Nervensystems, einer Milz, einer Bauchspeicheldrüse nennen: lauter Organe, welche den bisher betrachteten niederen Wirbelthieren fehlen. Alle diese wichtigen Theile haben sich von den Fischen bis zum Menschen hinauf vererbt, und hieraus allein geht schon hervor, welche grosse Kluft die Fische von den Schädellosen und von den Unpaarnasen trennt. In allen diesen Charakteren stimmen hingegen die Fische mit dem Menschen überein (X. Tabelle).

Wenden wir uns nun zur näheren Betrachtung der Fischklasse selbst, so können wir dieselbe zunächst in drei Hauptgruppen oder Unterklassen zerfällen, deren Genealogie uns vollkommen klar vor Augen liegt. Die erste und älteste Gruppe ist die Unterklasse der Selachier oder Urfische, von denen die bekanntesten Fische der Gegenwart die formenreichen Ordnungen der Haifische und der Rochen sind (Fig. 191, 192). An diese schliesst sich zweitens als eine weitere Entwickelungsform in der besonderen Fischrichtung die Unterklasse der Schmelzfische oder Ganoiden an. Sie ist seit langer Zeit zum grössten Theile ausgestorben, und wir kennen nur noch sehr wenige lebende Repräsentanten: Stör und Hausen in unseren Meeren, Polypterus in afrikanischen Flüssen, Lepidosteus und Amia in amerikanischen Flüssen. Hingegen können wir den früheren Formenreichthum dieser interessanten Gruppe aus den massenhaft erhaltenen Versteinerungen beurtheilen. Aus diesen Schmelzfischen hat sich drittens die Unterklasse der Knochenfische oder Teleostier entwickelt, wohin die grosse Mehrzahl aller lebenden Fische gehört (namentlich fast alle unsere Flussfische). Die vergleichende Anatomie und Ontogenie zeigt uns nun ganz deutlich, dass die Ganoiden ebenso aus den Selachiern entstanden sind, wie die Teleostier aus den Ganoiden. Auf der anderen Seite hat sich aber aus den Urfischen heraus eine andere Seitenlinie oder vielmehr die weiter aufsteigende Hauptlinie des Wirbelthierstammes entwickelt, welche uns durch die Gruppe der Dipneusten zur wichtigen Abtheilung der Amphibien hinüberführt.

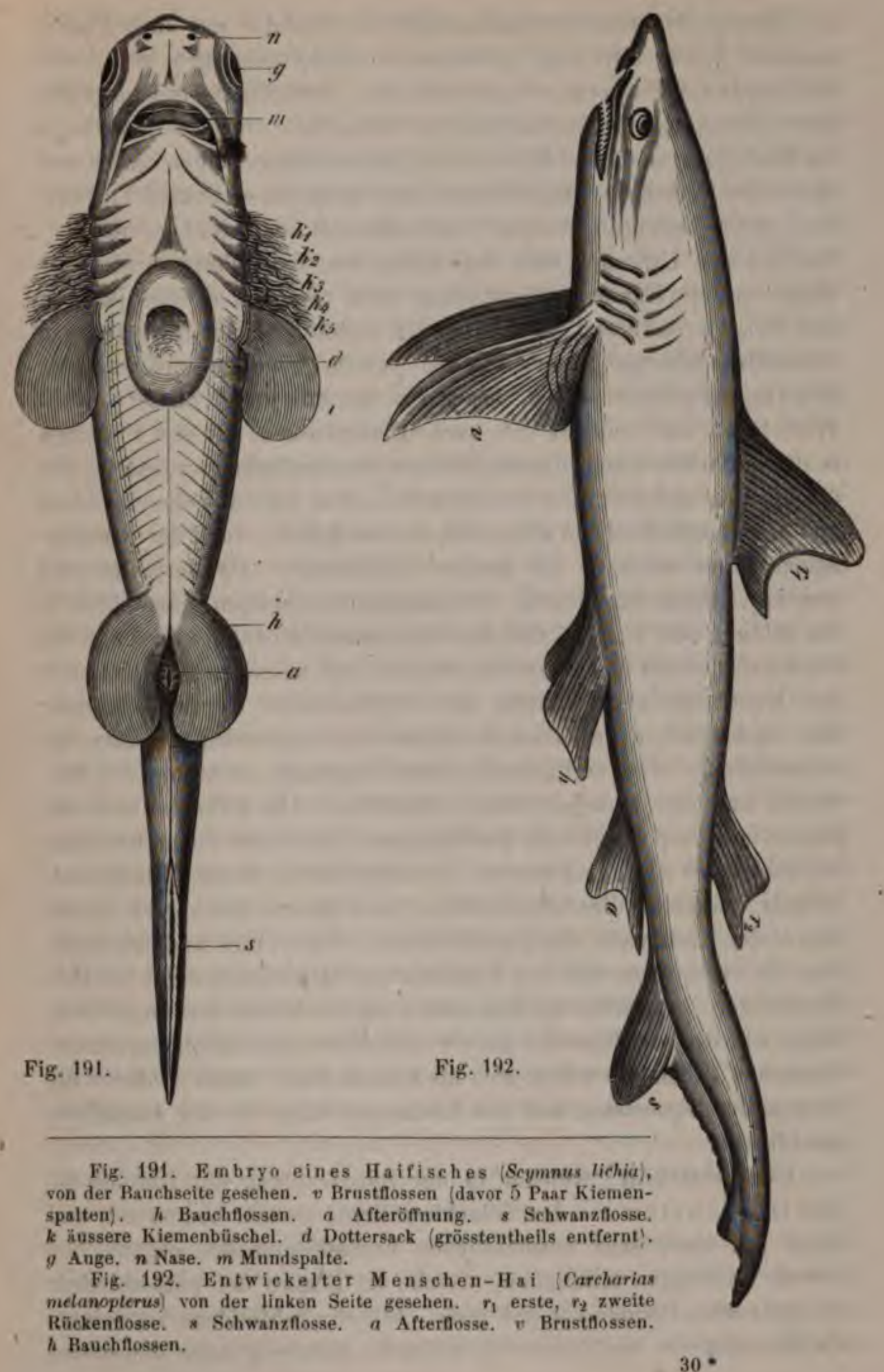


Fig. 191. Embryo eines Haifisches (*Scymnus lichia*), von der Bauchseite gesehen. *v* Brustflossen (davor 5 Paar Kiemenspalten). *h* Bauchflossen. *a* Afteröffnung. *s* Schwanzflosse. *k* äussere Kiemenbüschel. *d* Dottersack (grösstentheils entfernt). *g* Auge. *n* Nase. *m* Mundspalte.

Fig. 192. Entwickelter Menschen-Hai (*Carcharias melanopterus*) von der linken Seite gesehen. r_1 erste, r_2 zweite Rückenflosse. *s* Schwanzflosse. *a* Afterflosse. *v* Brustflossen. *h* Bauchflossen.

bei den niedersten Amphibien, ebenso wie bei den Reptilien und den höheren Wirbelthieren bis zum Menschen hinauf, ursprünglich fünf Zehen an den Vorder- und Hinterbeinen vorhanden sind, wenn wir nicht die Vererbung von einer gemeinsamen fünfzehigen Stammform als bewirkende Ursache dieser Erscheinung gelten lassen; die Vererbung allein ist im Stande, uns dieselbe zu erklären. Allerdings finden wir bei vielen Amphibien sowohl, als bei vielen höheren Wirbelthieren weniger als fünf Zehen vor. Aber in allen diesen Fällen können wir den Nachweis führen, dass einzelne Zehen rückgebildet und zuletzt ganz verloren gegangen sind.

Die bewirkenden Ursachen, durch welche aus der vielzehigen Fischflosse der fünfzehige Fuss der höheren Wirbelthiere bei dieser Amphibien-Stammform enstand, sind jedenfalls in der Anpassung an die gänzlich veränderten Functionen zu suchen, welche die Gliedmaassen beim Uebergang vom ausschliesslichen Wasserleben zum theilweisen Landleben erhielten. Während die vielzehige Fischflosse fast ausschliesslich zum Rudern im Wasser gebraucht wurde, musste sie nun daneben auch noch als Stütze beim Fortkriechen auf dem festen Lande dienen. Dadurch wurden ebensowohl die Skelettheile wie die Muskeln der Gliedmaassen umgebildet. Die Zahl der Flossenstrahlen wurde allmählich reducirt und sank zuletzt bis auf fünf. Diese fünf übrig gebliebenen Strahlen aber entwickelten sich um so kräftiger. Die weichen Knorpelstrahlen gingen in feste Knochenstäbe über. Auch das übrige Skelet gewann bedeutend an Festigkeit. Die Bewegungen des Körpers wurden aber nicht allein kräftiger, sondern auch mannichfaltiger. Die einzelnen Theile des Skelet-Systems und damit im Zusammenhang auch des Muskel-Systems begannen sich mehr und mehr zu differenziren. Bei der nahen Wechselbeziehung, in welcher das Muskel-System zum Nerven-System steht, musste natürlich auch dieses bedeutende Fortschritte in Function und Structur machen. So finden wir denn auch wirklich das Gehirn bei den höheren Amphibien schon bedeutend weiter entwickelt als bei den Fischen, den Lurchfischen und den niederen Amphibien.

Diejenigen Organe, welche durch die amphibische Lebensweise am meisten umgebildet werden, sind, wie wir schon bei den Dipneusten gesehen haben, die Werkzeuge der Athmung und des Blutkreislaufes, die Respirations- und Circulations-Organe. Der erste Fortschritt in der Organisation, den der Uebergang vom Wasserleben zum Landleben forderte, war nothwendig die Beschaffung eines Luftathmungs-Organes, einer Lunge. Diese bildete sich unmittelbar aus

der bereits vorhandenen und von den Fischen geerbten Schwimmblase hervor. Anfangs wird die Function derselben noch ganz hinter diejenige des älteren Wasserathmungs-Organs, der Kiemen, zurückgetreten sein. So finden wir denn auch noch bei den niedersten Amphibien, den Kiemenlurchen, dass sie, gleich den Dipneusten, den grössten Theil ihres Lebens im Wasser zubringen und demgemäss Wasser durch Kiemen athmen. Nur in kurzen Zwischenpausen kommen sie an die Wasseroberfläche oder kriechen aus dem Wasser auf's Land und athmen dann Luft durch Lungen. Aber schon ein Theil der Schwanzlurche, der Molche und Salamander, bleibt nur in seiner Jugend ganz im Wasser und hält sich später grösstentheils auf dem festen Lande auf. Sie athmen im erwachsenen Zustande nur noch Luft durch Lungen. Dasselbe gilt auch von den höchst entwickelten Amphibien, den Froschlurchen (Fröschen und Kröten); einzelne der letzteren haben sogar schon die kiementragende Larvenform ganz verloren[153]. Auch bei einigen kleinen schlangenähnlichen Amphibien, den Caecilien (welche gleich Regenwürmern in der Erde leben), ist dies der Fall.

Das hohe Interesse, welches die Naturgeschichte der Amphibien-Klasse darbietet, liegt ganz besonders in dieser vollständigen Mittelstellung, welche sie zwischen den niederen und höheren Wirbelthieren einnimmt. Während die niederen Amphibien in ihrer ganzen Organisation sich unmittelbar an die Dipneusten und Fische anschliessen, vorzugsweise im Wasser leben und Wasser durch Kiemen athmen, vermitteln die höheren Amphibien ebenso unmittelbar den Anschluss an die Amnioten, leben gleich diesen vorzugsweise auf dem Lande und athmen Luft durch Lungen. Aber in ihrer Jugend gleichen die letzteren den ersteren und erreichen erst in Folge einer vollständigen Verwandlung jenen höheren Entwickelungsgrad. Die individuelle Keimesgeschichte der meisten höheren Amphibien wiederholt noch heute getreu die Stammesgeschichte der ganzen Klasse, und die verschiedenen Stufen der Umbildung, welche der Uebergang vom Wasserleben zum Landleben bei den niederen Wirbelthieren während der devonischen oder Steinkohlen-Periode bedingte, führt Ihnen noch jetzt in jedem Frühjahr jeder beliebige Frosch vor Augen, der sich in unseren Teichen und Sümpfen aus dem Ei entwickelt.

Gleich den geschwänzten Salamandern (Fig. 193) verlässt auch jeder gemeine Frosch das Ei in Gestalt einer Larve, welche völlig von dem ausgebildeten Frosche verschieden ist (Fig. 194). Der kurze Rumpf geht in einen langen Schwanz über, der vollkommen die Ge-

sind. Ihrem ganzen Körperbau nach musste diese Gruppe den Uebergang von den Fischen zu den Amphibien vermitteln. Die unmittelbare Uebergangsbildung zwischen beiden Klassen ist in der ganzen Organisation dieser merkwürdigen Thiere so sehr ausgesprochen, dass noch jetzt Streit unter den Zoologen geführt wird, ob die Dipneusten eigentlich Fische oder Amphibien seien. Einige namhafte Systematiker stellen sie noch heute zu den Amphibien, während die meisten sie zu den Fischen rechnen. In der That sind die Charaktere beider Klassen in den Dipneusten dergestalt vereinigt, dass die Entscheidung darüber lediglich von der Definition abhängt, welche man von den Begriffen »Fisch« und »Amphibium« giebt. In ihrer Lebensweise sind sie wahre Amphibien. Während des tropischen Winters, in der Regenzeit, schwimmen sie gleich den Fischen im Wasser und athmen Wasser durch die Kiemen. Während der trockenen Jahreszeit vergraben sie sich in den eintrocknenden Schlamm und athmen während dieser Zeit Luft durch Lungen wie die Amphibien und die höheren Wirbelthiere. In dieser Doppelathmung stimmen sie nun allerdings mit den niederen Amphibien überein und erheben sich hoch über die Fische. Allein in den meisten übrigen Eigenschaften gleichen sie mehr den letzteren und stehen unter den ersteren. Ihr Aeusseres ist durchaus fischähnlich.

Der Kopf der Dipneusten ist nicht vom Rumpfe abgesetzt. Die Haut ist mit grossen Fischschuppen bedeckt. Das Skelet ist weich, knorpelig und auf einer sehr tiefen Stufe der Entwickelung stehen geblieben, ähnlich wie bei den niederen Selachiern. Die Chorda ist vollständig erhalten. Die beiden Beinpaare sind ganz einfache Flossen von uralter Bildung, ähnlich derjenigen der niedersten Urfische. Auch die Bildung des Gehirns, des Darmrohrs und der Geschlechtsorgane ist ähnlich wie bei den Urfischen. So haben denn die Dipneusten oder Lurchfische viele Züge niederer Organisation von unseren uralten Fisch-Ahnen durch Vererbung treu bewahrt, während sie in der Anpassung an die Luftathmung durch Lungen einen gewaltigen Fortschritt in der Wirbelthier-Organisation herbeigeführt haben.

Uebrigens weichen die drei heute noch lebenden Lurchfische unter sich ziemlich bedeutend in wichtigen Organisations-Verhältnissen von einander ab. Insbesondere stellt sich der australische Lurchfisch (*Ceratodus*), welcher erst im Jahre 1870 von GERARD KREFFT in Sidney beschrieben wurde, und welcher eine Länge von sechs Fuss erreicht, als eine uralte, sehr conservative Thierform dar.

zeitlebens behalten. Dahin gehören die gemeinen Wassermo (*Triton*), die unsere Teiche im Sommer massenhaft bevölkern, die schwarzen gelbgefleckten Erdmolche oder Erdsalamander (*S mandra*), die in unseren feuchten Wäldern leben (Taf. XIII, Fig. Diese letzteren gehören zu den merkwürdigsten einheimischen T ren, da sie sich durch viele anatomische Eigenthümlichkeiten als alte und hoch conservative Wirbelthiere ausweisen.[151] Ei Schwanzlurche haben noch die Kiemenspalte an der Seite des Ha behalten, obwohl sie die Kiemen selbst verloren haben (*Menopo* Wenn man die Larven unserer Salamander (Fig. 193) und Trit zwingt, im Wasser zu bleiben und sie gar nicht an's Land lässt, k man sie dadurch unter günstigen Umständen veranlassen, ihre men beizubehalten. Dann werden sie in diesem fischähnlichen stande geschlechtsreif und bleiben gezwungen auf der niederen wickelungsstufe der Kiemenlurche zeitlebens stehen. Das umgeke Experiment hat vor einigen Jahren ein mexicanischer Kiemenm der fischförmige Axolotl (*Siredon pisciformis*) uns vorgeführt (XIII, Fig. 1). Früher hielt man denselben für einen permane Kiemenlurch, der in diesem fischähnlichen Zustande zeitlebens harrt. Unter Hunderten dieser Thiere aber, welche im Pariser P zengarten gehalten wurden, gingen einige Individuen aus u kannten Gründen an das Land, verloren ihre Kiemen und verv delten sich in eine dem Salamander (Fig. 2) sehr nahestehende F (*Amblystoma*). In diesem Zustande wurden sie geschlechtsreif Seitdem hat man diese Erscheinung, die sehr grosses Aufsehen regte, wiederholt ganz sicher beobachtet. Die Zoologen haben selbe als ein ganz besonderes Wunder angestaunt, obwohl jeder meine Frosch und Salamander ihnen in jedem Frühjahr dieselbe wandlung vor Augen führt. Die ganze wichtige Metamorphose, dem wasserbewohnenden und kiemenathmenden Thiere zu dem l bewohnenden und lungenathmenden Thiere ist hier ebenfalls Sc für Schritt zu verfolgen. Was aber hier am Individuum während Keimesgeschichte geschieht, das ist ebenso im Verlaufe der Stam geschichte an der ganzen Klasse vor sich gegangen.

Noch weiter als bei den Salamandern geht die Metamorphos der dritten Amphibien-Ordnung, bei den Froschlurchen (*Batra* oder *Anura*). Dahin gehören alle die verschiedenen Arten der Kr Unken, Wasserfrösche, Laubfrösche u. s. w. Diese verlieren wäh ihrer Verwandlung nicht allein die Kiemen, sondern auch den Ru schwanz; bald früher, bald später fällt derselbe ab. Uebrigens

(Vergl. Taf. XII). Namentlich gilt das von der Bildung seiner einfachen Lunge, und von seinen Flossen, die ein gefiedertes oder zweizeiliges Skelet enthalten. Hingegen ist beim afrikanischen Lurchfisch (*Protopterus*) und beim amerikanischen (*Lepidosiren*) die Lunge doppelt vorhanden, wie bei allen höheren Wirbelthieren: auch ist hier das Flossenskelet nicht zweizeilig. Neben den inneren Kiemen besitzt Protopterus ausserdem noch äussere Kiemen, welche dem Lepidosiren fehlen. Diejenigen unbekannten Dipneusten, welche zu unseren directen Vorfahren gehörten und die verbindende Brücke von den Selachiern zu den Amphibien bildeten, werden zwar vielfach von den drei Epigonen der Gegenwart verschieden gewesen sein, in den wesentlichsten Eigenthümlichkeiten aber doch mit ihnen übereingestimmt haben. Leider ist uns die Keimesgeschichte der drei lebenden Lurchfische noch vollständig unbekannt; voraussichtlich wird uns dieselbe zukünftig noch wichtige Aufschlüsse über die Stammesgeschichte der niederen Wirbelthiere und somit auch unserer älteren Vorfahren liefern.

Sehr werthvolle derartige Aufschlüsse verdanken wir bereits der nächstfolgenden Wirbelthierklasse, die sich unmittelbar an die Dipneusten anschliesst und aus diesen entwickelt hat: den Lurchen oder Amphibien. Dahin gehören die Molche und Salamander (Taf. XIII), Kröten und Frösche. Früher rechnete man zu den Amphibien nach dem Vorgange von LINNÉ auch noch die sämmtlichen Reptilien (Eidechsen, Schlangen, Crocodile und Schildkröten). Doch sind diese letzteren viel höher organisirt, und schliessen sich in den wichtigsten Eigenthümlichkeiten ihres anatomischen Baues enger an die Vögel als an die Amphibien an. Die echten Amphibien hingegen stehen näher den Dipneusten und den Urfischen: sie sind auch viel älter als die Reptilien. Schon während der Steinkohlen-Periode lebten zahlreiche (zum Theil grosse) und sehr entwickelte Amphibien, während die ältesten Reptilien erst gegen Ende der permischen Periode auftreten. Wahrscheinlich haben sich die Amphibien sogar noch früher, bereits im Laufe der devonischen Periode, aus Dipneusten hervorgebildet. Diejenigen ausgestorbenen Amphibien, deren versteinerte Reste uns aus jener altersgrauen Urzeit (sehr zahlreich namentlich aus der Trias-Periode) erhalten sind, zeichneten sich durch einen mächtigen Knochenpanzer der Haut aus (ähnlich dem der Crocodile), während die heute noch lebenden Amphibien grösstentheils eine glatte und schlüpfrige Haut besitzen. Auch zeigen die letzteren durch-

Fig. 1. Siredon pisciformis.



Fig. 2. Salamandra maculata

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.



halten sich die verschiedenen Arten in dieser Beziehung ziemlich verschieden. Bei den meisten Froschlurchen werfen die Larven den Schwanz schon früh ab, so dass die ungeschwänzte Froschform nachher noch beträchtlich wächst. Andere hingegen, wie namentlich der brasilianische Trugfrosch (*Pseudes paradoxus*), aber auch unsere einheimische Knoblauchskröte (*Pelobates fuscus*), verharren sehr lange in der Fischform und behalten einen ansehnlichen Schwanz fast bis zur Erreichung ihrer vollständigen Grösse; sie erscheinen daher nach vollbrachter Verwandlung viel kleiner als vorher. Das andere Extrem zeigen einige in neuester Zeit bekannt gewordene Frösche, welche ihre ganze historische Metamorphose eingebüsst haben, und bei welchen aus dem Ei nicht die geschwänzte kiementragende Larve, sondern der fertige, schwanzlose und kiemenlose Frosch ausschlüpft. Diese Frösche sind Bewohner isolirter oceanischer Inseln, welche ein sehr trockenes Klima besitzen und oft lange Zeit hindurch des süssen Wassers entbehren. Da dieses letztere für die kiemenathmenden Kaulquappen unentbehrlich ist, haben sich die Frösche jenem örtlichen Mangel angepasst und ihre ursprüngliche Metamorphose ganz aufgegeben. (So z. B. *Hylodes martinicensis*). [153])

Der ontogenetische Verlust der Kiemen und des Schwanzes bei den Fröschen und Kröten kann phylogenetisch natürlich nur dahin gedeutet werden, dass dieselben von langschwänzigen salamanderartigen Amphibien abstammen. Das geht auch aus der vergleichenden Anatomie beider Gruppen unzweifelhaft hervor. Jene merkwürdige Verwandlung ist aber auch ausserdem deshalb von allgemeinem Interesse, weil sie ein bestimmtes Licht auf die Phylogenie der schwanzlosen Affen und des Menschen wirft. Auch die Vorfahren der letzteren waren langschwänzige und kiemenathmende Thiere gleich den Kiemenlurchen, wie der Schwanz und die Kiemenbogen des menschlichen Embryo unwiderleglich darthun.

Unzweifelhaft hat die Amphibien-Klasse während des paläozoischen Zeitalters (und zwar wahrscheinlich während der Steinkohlen-Periode) eine Reihe von Formen enthalten, welche als directe Vorfahren der Säugethiere, und also auch des Menschen zu betrachten sind. Diese unsere Amphibien-Ahnen dürfen wir aber aus vergleichend-anatomischen und ontogenetischen Gründen nicht — wie man vielleicht erwarten könnte — unter den schwanzlosen Froschlurchen, sondern nur unter den geschwänzten niederen Amphibien suchen. Mit Sicherheit dürfen wir hier mindestens zwei ausgestorbene Lurch-Formen als directe Vorfahren des Menschen, als dreizehnte und vier-

zehnte Stufe unseres Stammbaumes bezeichnen. Die dreizehnte Ahnenform wird sich zunächst an die Dipneusten anschliessen, gleich diesen bleibende Kiemen besessen, sich aber bereits durch fünfzehige Füsse ausgezeichnet haben; wenn wir sie lebend vor uns hätten, würden wir sie in die Gruppe der Kiemenlurche neben die Proteus und Axolotl stellen (Taf. XIII, Fig. 1). Die vierzehnte Ahnenform hingegen wird zwar den langen Schwanz behalten, aber die Kiemen bereits verloren haben, und demnach unter den heutigen Schwanzlurchen ihre nächsten Verwandten in den Wassermolchen und Erdsalamandern finden (Taf. XIII, Fig. 2). Ist doch sogar im Jahre 1725 das versteinerte Skelet eines solchen ausgestorbenen Salamanders (der dem heutigen Riesen-Salamander von Japan nahe stand) von dem Schweizer Naturforscher SCHEUCHZER als Skelet eines versteinerten Menschen aus der Sündfluth-Zeit beschrieben worden! (»*Homo diluvii testis*«.) [154]

Als diejenige Wirbelthierform, die in unserer Ahnenreihe nun zunächst an diese Molch-Ahnen sich anschliesst — mithin als fünfzehnte Stufe — würden wir jetzt ein eidechsenähnliches Thier zu betrachten haben, das uns weder versteinert erhalten, noch in irgend einer lebenden Thierform annähernd zugänglich ist, und auf dessen frühere Existenz wir dennoch mit der grössten Sicherheit aus Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie schliessen können. Wir wollen diese wichtige Thierform Protamnion oder Uramnioten nennen. Alle Wirbelthiere nämlich, die über den Amphibien stehen — die drei Klassen der Reptilien, Vögel und Säugethiere — unterscheiden sich in ihrer gesammten Organisation so wesentlich von allen bisher betrachteten niederen Wirbelthieren und stimmen hingegen unter sich so sehr überein, dass wir sie alle in einer einzigen Gruppe unter der Bezeichnung der Amnionthiere (*Amniota*) zusammenfassen. Bei diesen drei Thierklassen allein kommt die Ihnen bereits bekannte merkwürdige embryonale Umhüllung zu Stande, welche wir als Amnion oder Fruchthaut bezeichnen (vergl. S. 310). Wahrscheinlich ist dieselbe als eine cenogenetische Anpassung, nämlich als Folge des Einsinkens des wachsenden Embryo in den Dottersack anzusehen. [155]

Sämmtliche uns bekannte Amnionthiere, alle Reptilien, Vögel und Säugethiere (mit Inbegriff des Menschen) stimmen in so vielen wichtigen Beziehungen ihrer inneren Organisation und Entwickelung überein, dass ihre gemeinsame Abstammung von einer einzigen Stammform mit völliger Sicherheit behauptet werden kann. Wenn

irgendwo die Zeugnisse der vergleichenden Anatomie und Ontogenie ganz unverdächtig sind, so ist es gewiss hier der Fall. Denn alle die einzelnen Merkwürdigkeiten und Eigenheiten, welche in Begleitung und im Gefolge der Amnionbildung auftreten, und welche Sie aus der embryonalen Entwickelung des Menschen jetzt bereits kennen, ferner zahlreiche Eigenthümlichkeiten in der Entwickelungsgeschichte der Organe, die wir später noch im Einzelnen verfolgen werden, endlich die wichtigsten speciellen Einrichtungen im inneren Körperbau aller entwickelten Amnioten — bezeugen mit solcher Klarheit den gemeinsamen Ursprung aller Amnionthiere von einer einzigen ausgestorbenen Stammform, dass wir uns unmöglich einen polyphyletischen Ursprung derselben aus mehreren unabhängigen Stammformen vorstellen können. Jene unbekannte gemeinsame Stammform ist eben unser Uramniote (*Protamnion*). In der äusseren Erscheinung wird dieses Protamnion höchst wahrscheinlich eine Mittelform zwischen Salamander und Eidechsen gewesen sein.

Mit grosser Wahrscheinlichkeit lässt sich als Zeitpunkt für die Entstehung des Protamnion die permische Periode bezeichnen, vielleicht schon der Anfang, vielleicht erst das Ende dieser Periode. Das geht nämlich daraus hervor, dass erst in der Steinkohlen-Periode die Amphibien zur vollen Entwickelung gelangen, und dass gegen das Ende der permischen Periode bereits die ersten fossilen Reptilien auftreten — wenigstens solche Petrefacten (*Proterosaurus*, *Rhopalodon*), die mit grösster Wahrscheinlichkeit auf eidechsenartige Reptilien zu beziehen sind. Unter den wichtigen und folgenschweren Veränderungen der Wirbelthier-Organisation, welche während dieser permischen Zeit die Entstehung der ersten Amnionthiere aus salamanderartigen Amphibien bedingten, sind vor allen folgende drei hervorzuheben: erstens der gänzliche Verlust der wasserathmenden Kiemen und die Umbildung der Kiemenbogen in andere Organe; zweitens die Ausbildung der Allantois oder des Urharnsackes, und drittens endlich die Entstehung des Amnion.

Als einer der hervorstechendsten Charaktere aller Amnioten muss der gänzliche Verlust der respiratorischen Kiemen angesehen werden. Alle Amnionthiere, auch die im Wasser lebenden (z. B. Seeschlangen, Walfische), athmen ausschliesslich Luft durch Lungen, niemals mehr Wasser durch Kiemen. Während sämmtliche Amphibien (mit ganz vereinzelten Ausnahmen) in der Jugend ihre Kiemen noch längere oder kürzere Zeit behalten und eine Zeit lang (wenn nicht immer) durch Kiemen athmen, ist von jetzt an von gar

zeitlebens behalten. Dahin gehören die gemeinen Wassermolche (*Triton*), die unsere Teiche im Sommer massenhaft bevölkern, und die schwarzen gelbgefleckten Erdmolche oder Erdsalamander (*Salamandra*), die in unseren feuchten Wäldern leben (Taf. XIII, Fig. 2). Diese letzteren gehören zu den merkwürdigsten einheimischen Thieren, da sie sich durch viele anatomische Eigenthümlichkeiten als uralte und hoch conservative Wirbelthiere ausweisen.[151] Einige Schwanzlurche haben noch die Kiemenspalte an der Seite des Halses behalten, obwohl sie die Kiemen selbst verloren haben (*Menopoma*). Wenn man die Larven unserer Salamander (Fig. 193) und Tritonen zwingt, im Wasser zu bleiben und sie gar nicht an's Land lässt, kann man sie dadurch unter günstigen Umständen veranlassen, ihre Kiemen beizubehalten. Dann werden sie in diesem fischähnlichen Zustande geschlechtsreif und bleiben gezwungen auf der niederen Entwickelungsstufe der Kiemenlurche zeitlebens stehen. Das umgekehrte Experiment hat vor einigen Jahren ein mexicanischer Kiemenmolch, der fischförmige Axolotl (*Siredon pisciformis*) uns vorgeführt (Taf. XIII, Fig. 1). Früher hielt man denselben für einen permanenten Kiemenlurch, der in diesem fischähnlichen Zustande zeitlebens verharrt. Unter Hunderten dieser Thiere aber, welche im Pariser Pflanzengarten gehalten wurden, gingen einige Individuen aus unbekannten Gründen an das Land, verloren ihre Kiemen und verwandelten sich in eine dem Salamander (Fig. 2) sehr nahestehende Form (*Amblystoma*). In diesem Zustande wurden sie geschlechtsreif.[152] Seitdem hat man diese Erscheinung, die sehr grosses Aufsehen erregte, wiederholt ganz sicher beobachtet. Die Zoologen haben dieselbe als ein ganz besonderes Wunder angestaunt, obwohl jeder gemeine Frosch und Salamander ihnen in jedem Frühjahr dieselbe Verwandlung vor Augen führt. Die ganze wichtige Metamorphose, von dem wasserbewohnenden und kiemenathmenden Thiere zu dem landbewohnenden und lungenathmenden Thiere ist hier ebenfalls Schritt für Schritt zu verfolgen. Was aber hier am Individuum während der Keimesgeschichte geschieht, das ist ebenso im Verlaufe der Stammesgeschichte an der ganzen Klasse vor sich gegangen.

Noch weiter als bei den Salamandern geht die Metamorphose bei der dritten Amphibien-Ordnung, bei den Froschlurchen (*Batrachia* oder *Anura*). Dahin gehören alle die verschiedenen Arten der Kröten, Unken, Wasserfrösche, Laubfrösche u. s. w. Diese verlieren während ihrer Verwandlung nicht allein die Kiemen, sondern auch den Ruderschwanz; bald früher, bald später fällt derselbe ab. Uebrigens ver-

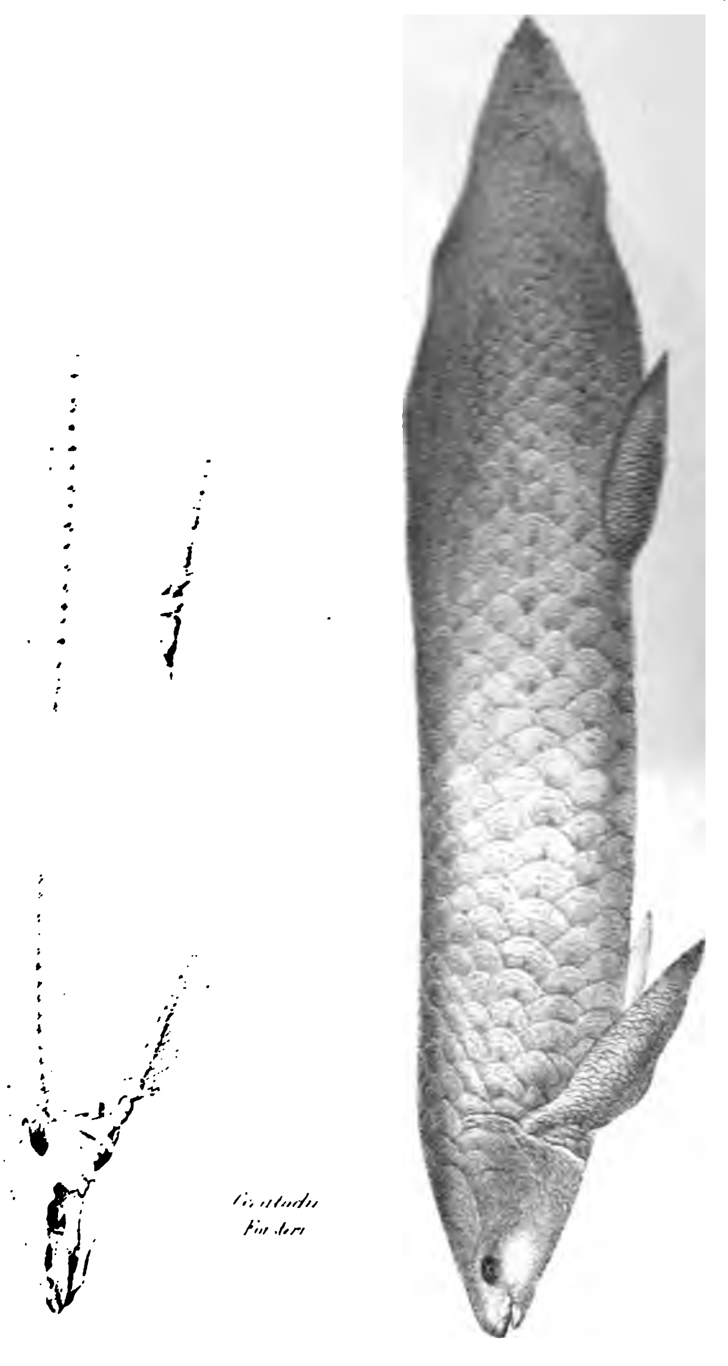


Fig. 1. Siredon pisciformis.



Fig. 2. Salamandra maculata

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig



halten sich die verschiedenen Arten in dieser Beziehung ziemlich verschieden. Bei den meisten Froschlurchen werfen die Larven den Schwanz schon früh ab, so dass die ungeschwänzte Froschform nachher noch beträchtlich wächst. Andere hingegen, wie namentlich der brasilianische Trugfrosch (*Pseudes paradoxus*), aber auch unsere einheimische Knoblauchskröte (*Pelobates fuscus*), verharren sehr lange in der Fischform und behalten einen ansehnlichen Schwanz fast bis zur Erreichung ihrer vollständigen Grösse; sie erscheinen daher nach vollbrachter Verwandlung viel kleiner als vorher. Das andere Extrem zeigen einige in neuester Zeit bekannt gewordene Frösche, welche ihre ganze historische Metamorphose eingebüsst haben, und bei welchen aus dem Ei nicht die geschwänzte kiementragende Larve, sondern der fertige, schwanzlose und kiemenlose Frosch ausschlüpft. Diese Frösche sind Bewohner isolirter oceanischer Inseln, welche ein sehr trockenes Klima besitzen und oft lange Zeit hindurch des süssen Wassers entbehren. Da dieses letztere für die kiemenathmenden Kaulquappen unentbehrlich ist, haben sich die Frösche jenem örtlichen Mangel angepasst und ihre ursprüngliche Metamorphose ganz aufgegeben. (So z. B. *Hylodes martinicensis*).[153]

Der ontogenetische Verlust der Kiemen und des Schwanzes bei den Fröschen und Kröten kann phylogenetisch natürlich nur dahin gedeutet werden, dass dieselben von langschwänzigen salamanderartigen Amphibien abstammen. Das geht auch aus der vergleichenden Anatomie beider Gruppen unzweifelhaft hervor. Jene merkwürdige Verwandlung ist aber auch ausserdem deshalb von allgemeinem Interesse, weil sie ein bestimmtes Licht auf die Phylogenie der schwanzlosen Affen und des Menschen wirft. Auch die Vorfahren der letzteren waren langschwänzige und kiemenathmende Thiere gleich den Kiemenlurchen, wie der Schwanz und die Kiemenbogen des menschlichen Embryo unwiderleglich darthun.

Unzweifelhaft hat die Amphibien-Klasse während des paläozoischen Zeitalters (und zwar wahrscheinlich während der Steinkohlen-Periode) eine Reihe von Formen enthalten, welche als directe Vorfahren der Säugethiere, und also auch des Menschen zu betrachten sind. Diese unsere Amphibien-Ahnen dürfen wir aber aus vergleichend-anatomischen und ontogenetischen Gründen nicht — wie man vielleicht erwarten könnte — unter den schwanzlosen Froschlurchen, sondern nur unter den geschwänzten niederen Amphibien suchen. Mit Sicherheit dürfen wir hier mindestens zwei ausgestorbene Lurch-Formen als directe Vorfahren des Menschen, als dreizehnte und vier-

zehnte Stufe unseres Stammbaumes bezeichnen. Die dreizehnte Ahnenform wird sich zunächst an die Dipneusten anschliessen, gleich diesen bleibende Kiemen besessen, sich aber bereits durch fünfzehige Füsse ausgezeichnet haben: wenn wir sie lebend vor uns hätten, würden wir sie in die Gruppe der Kiemenlurche neben die Proteus und Axolotl stellen (Taf. XIII, Fig. 1). Die vierzehnte Ahnenform hingegen wird zwar den langen Schwanz behalten, aber die Kiemen bereits verloren haben, und demnach unter den heutigen Schwanzlurchen ihre nächsten Verwandten in den Wassermolchen und Erdsalamandern finden (Taf. XIII, Fig. 2). Ist doch sogar im Jahre 1725 das versteinerte Skelet eines solchen ausgestorbenen Salamanders (der dem heutigen Riesen-Salamander von Japan nahe stand) von dem Schweizer Naturforscher SCHEUCHZER als Skelet eines versteinerten Menschen aus der Sündfluth-Zeit beschrieben worden! (»*Homo diluvii testis*«.) [154]

Als diejenige Wirbelthierform, die in unserer Ahnenreihe nun zunächst an diese Molch-Ahnen sich anschliesst — mithin als fünfzehnte Stufe — würden wir jetzt ein eidechsenähnliches Thier zu betrachten haben, das uns weder versteinert erhalten, noch in irgend einer lebenden Thierform annähernd zugänglich ist, und auf dessen frühere Existenz wir dennoch mit der grössten Sicherheit aus Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie schliessen können. Wir wollen diese wichtige Thierform Protamnion oder Uramnioten nennen. Alle Wirbelthiere nämlich, die über den Amphibien stehen — die drei Klassen der Reptilien, Vögel und Säugethiere — unterscheiden sich in ihrer gesammten Organisation so wesentlich von allen bisher betrachteten niederen Wirbelthieren und stimmen hingegen unter sich so sehr überein, dass wir sie alle in einer einzigen Gruppe unter der Bezeichnung der Amnionthiere (*Amniota*) zusammenfassen. Bei diesen drei Thierklassen allein kommt die Ihnen bereits bekannte merkwürdige embryonale Umhüllung zu Stande, welche wir als Amnion oder Fruchthaut bezeichnen (vergl. S. 310). Wahrscheinlich ist dieselbe als eine cenogenetische Anpassung, nämlich als Folge des Einsinkens des wachsenden Embryo in den Dottersack anzusehen. [155]

Sämmtliche uns bekannte Amnionthiere, alle Reptilien, Vögel und Säugethiere (mit Inbegriff des Menschen) stimmen in so vielen wichtigen Beziehungen ihrer inneren Organisation und Entwickelung überein, dass ihre gemeinsame Abstammung von einer einzigen Stammform mit völliger Sicherheit behauptet werden kann. Wenn

irgendwo die Zeugnisse der vergleichenden Anatomie und Ontogenie ganz unverdächtig sind, so ist es gewiss hier der Fall. Denn alle die einzelnen Merkwürdigkeiten und Eigenheiten, welche in Begleitung und im Gefolge der Amnionbildung auftreten, und welche Sie aus der embryonalen Entwickelung des Menschen jetzt bereits kennen, ferner zahlreiche Eigenthümlichkeiten in der Entwickelungsgeschichte der Organe, die wir später noch im Einzelnen verfolgen werden, endlich die wichtigsten speciellen Einrichtungen im inneren Körperbau aller entwickelten Amnioten — bezeugen mit solcher Klarheit den gemeinsamen Ursprung aller Amnionthiere von einer einzigen ausgestorbenen Stammform, dass wir uns unmöglich einen polyphyletischen Ursprung derselben aus mehreren unabhängigen Stammformen vorstellen können. Jene unbekannte gemeinsame Stammform ist eben unser Uramniote (*Protamnion*). In der äusseren Erscheinung wird dieses Protamnion höchst wahrscheinlich eine Mittelform zwischen Salamander und Eidechsen gewesen sein.

Mit grosser Wahrscheinlichkeit lässt sich als Zeitpunkt für die Entstehung des Protamnion die permische Periode bezeichnen, vielleicht schon der Anfang, vielleicht erst das Ende dieser Periode. Das geht nämlich daraus hervor, dass erst in der Steinkohlen-Periode die Amphibien zur vollen Entwickelung gelangen, und dass gegen das Ende der permischen Periode bereits die ersten fossilen Reptilien auftreten — wenigstens solche Petrefacten (*Proterosaurus*, *Rhopalodon*), die mit grösster Wahrscheinlichkeit auf eidechsenartige Reptilien zu beziehen sind. Unter den wichtigen und folgenschweren Veränderungen der Wirbelthier-Organisation, welche während dieser permischen Zeit die Entstehung der ersten Amnionthiere aus salamanderartigen Amphibien bedingten, sind vor allen folgende drei hervorzuheben: erstens der gänzliche Verlust der wasserathmenden Kiemen und die Umbildung der Kiemenbogen in andere Organe; zweitens die Ausbildung der Allantois oder des Urharnsackes, und drittens endlich die Entstehung des Amnion.

Als einer der hervorstechendsten Charaktere aller Amnioten muss der gänzliche Verlust der respiratorischen Kiemen angesehen werden. Alle Amnionthiere, auch die im Wasser lebenden (z. B. Seeschlangen, Walfische), athmen ausschliesslich Luft durch Lungen, niemals mehr Wasser durch Kiemen. Während sämmtliche Amphibien (mit ganz vereinzelten Ausnahmen) in der Jugend ihre Kiemen noch längere oder kürzere Zeit behalten und eine Zeit lang (wenn nicht immer) durch Kiemen athmen, ist von jetzt an von gar

keiner Kiemenathmung mehr die Rede. Schon das Protamnion muss die Wasserathmung vollständig aufgegeben haben. Trotzdem bleiben aber die Kiemenbogen noch bestehen und entwickeln sich hier zu ganz anderen (theilweise rudimentären) Organen: zu den verschiedenen Theilen des Zungenbeins, zu bestimmten Theilen des Kiefergerüstes, des Gehörorgans u. s. w. Jedoch findet sich bei den Embryonen der Amnioten niemals auch nur eine Spur von Kiemenblättchen, von wirklichen Athmungsorganen auf den Kiemenbogen.

Mit diesem gänzlichen Kiemenverluste steht wahrscheinlich die Ausbildung eines andern Organs in Zusammenhang, welches Ihnen bereits aus der menschlichen Ontogenie wohl bekannt ist, nämlich der Allantois oder des Urharnsackes (vergl. S. 305). Höchst wahrscheinlich ist die Harnblase der Dipneusten als der erste Anfang der Allantoisbildung zu bezeichnen. Schon bei dem amerikanischen Lurchfische (*Lepidosiren*) treffen wir eine Harnblase an, welche aus der unteren Wand des hinteren Darmendes hervorwächst und als Behälter für das Nieren-Secret dient. Auch auf die Amphibien hat sich jenes Organ von da vererbt, wie wir bei jedem Frosche sehen können. Aber erst bei den drei höheren Wirbelthierklassen gelangt die Allantois zu besonderer Entwickelung, tritt schon frühzeitig weit aus dem Leibe des Embryo hervor, und bildet einen grossen, mit Flüssigkeit gefüllten Sack, auf welchem sich eine beträchtliche Menge von grossen Blutgefässen ausbreitet. Dieser Sack übernimmt hier zugleich überall einen Theil der Ernährungs-Functionen. Derselbe Urharnsack bildet bei den höheren Säugethieren und beim Menschen nachher die Placenta oder den Aderkuchen.

Die Ausbildung des Amnion und der Allantois, sowie der gänzliche Verlust der Kiemen und die ausschliessliche Lungenathmung sind die entscheidendsten Charaktere, durch welche sämmtliche Amnionthiere den von uns bisher betrachteten niederen Wirbelthieren sich gegenüber stellen. Dazu kommen noch einige mehr untergeordnete Eigenschaften, welche sich beständig in der ganzen Amnioten-Abtheilung vererben und den Amnionlosen allgemein fehlen. Ein auffallender embryonaler Charakter der Amnioten besteht in der starken Kopfkrümmung und Nackenkrümmung des Embryo. Bei den Ammionlosen ist der Embryo entweder von Anfang an ziemlich gerade gestreckt oder der ganze Körper ist einfach sichelförmig gekrümmt, entsprechend der Wölbung des Dottersackes, dem er mit der Bauchseite anliegt: aber es sind keine scharfen winkeligen Knickungen im Verlaufe der Längsaxe vorhanden. (Vergl. Taf. VI, Fig. *F*, *A*.) Da-

gegen tritt bei allen Amnioten schon sehr frühzeitig eine sehr auffallende Knickung des Körpers ein, und zwar in der Weise, dass der Rücken des Embryo sich stark hervorwölbt, der Kopf fast rechtwinkelig gegen die Brust herabgedrückt und der Schwanz gegen den Bauch eingeschlagen erscheint. Das einwärts gekrümmte Schwanzende nähert sich so sehr der Stirnseite des Kopfes, dass sich beide oft beinahe berühren. (Vergl. Taf. VI und VII.) Diese auffallende dreifache Knickung des Embryo-Körpers, die wir früher in der Ontogenese des Menschen betrachtet und als Scheitelkrümmung, Nackenkrümmung und Schwanzkrümmung unterschieden haben, ist eine charakteristische, gemeinsame Eigenthümlichkeit der Embryonen aller Reptilien, Vögel und Säugethiere (vergl. S. 297). Aber auch in der Ausbildung vieler inneren Organe zeigt sich bei allen Amnionthieren ein Fortschritt, durch den sie sich über die höchsten Amnionlosen erheben. Insbesondere bildet sich im Herzen eine Scheidewand innerhalb der einfachen Kammer aus, durch welche dieselbe in zwei Kammern, eine rechte und linke, zerfällt. Im Zusammenhang mit der völligen Metamorphose der Kiemenbogen findet eine weitere Entwickelung des Gehörorgans statt. Ebenso zeigt sich ein bedeutender Fortschritt in der Ausbildung des Gehirns, des Skelets, des Muskel-Systems und anderer Theile. Als eine der wichtigsten Veränderungen ist schliesslich noch die Neubildung der Nieren hervorzuheben. Bei allen niederen bis jetzt betrachteten Wirbelthieren haben wir als ausscheidende oder Harn absondernde Apparate die Urnieren angetroffen, welche auch bei allen höheren Wirbelthieren bis zum Menschen hinauf sehr frühzeitig im Embryo auftreten. Allein bei den Amnionthieren verlieren diese uralten Urnieren schon frühzeitig während des Embryolebens ihre Funktion, und diese wird von den bleibenden »secundären Nieren« übernommen, welche aus dem Endabschnitte der Urnierengänge hervorwachsen.

Wenn Sie nun alle diese Eigenthümlichkeiten der Amnionthiere nochmals zusammenfassend überblicken, so werden Sie nicht zweifeln können, dass alle Thiere dieser Gruppe, alle Reptilien, Vögel und Säugethiere, gemeinsamen Ursprungs sind, und eine einzige stammverwandte Hauptabtheilung bilden. Zu dieser gehört aber auch unser eigenes Geschlecht. Auch der Mensch ist seiner ganzen Organisation und Keimesgeschichte nach ein echtes Amnionthier und stammt mit allen übrigen Amnioten zusammen von dem Protamnion ab. Wenn auch schon zu Ende (oder vielleicht selbst in der Mitte) des paläozoischen Zeitalters entstanden, kam

dennoch die ganze Gruppe erst während des mesozoischen Zeitalters zu ihrer vollen Entfaltung und Blüthe. Die beiden Klassen der Vögel und Säugethiere treten innerhalb dieser Hauptperiode überhaupt zuerst auf. Aber auch die Reptilien-Klasse entfaltet erst innerhalb derselben ihre ganze Mannichfaltigkeit und nach ihr wird sie sogar »das Zeitalter der Reptilien« genannt. Auch das unbekannte ausgestorbene Protamnion, die Stammform der ganzen Gruppe, wird in ihrer gesammten Organisation den Reptilien sehr nahe verwandt gewesen sein, wenn gleich sie nicht als ein echtes Reptil im heutigen Sinne zu betrachten ist. Unter allen bekannten Reptilien werden gewisse Eidechsen dem Protamnion am nächsten gestanden haben; und die äussere Körperform des letzteren können wir uns als eine Mittelbildung zwischen Salamander und Eidechse vorstellen. [156]

Den Stammbaum der ganzen Amnioten-Gruppe legt uns ihre vergleichende Anatomie und Ontogenie klar vor Augen. Die nächste Descendenten-Gruppe des Protamnion spaltete sich in zwei divergirende Aeste. Die eine Hauptlinie, welche demnächst allein unser ganzes Interesse in Anspruch nehmen wird, bildet die Klasse der Säugethiere (*Mammalia*). Die andere Hauptlinie, welche nach einer ganz anderen Richtung hin sich fortschreitend entwickelte, und welche nur an der Wurzel mit der Säugethierlinie zusammenhängt, ist die umfangreiche vereinigte Gruppe der Reptilien und Vögel. Die beiden letzteren Klassen kann man als Monocondylien oder Sauropsiden zusammenfassen. Als gemeinsame Stammform dieser Hauptlinie ist ein ausgestorbenes eidechsenartiges Reptil zu betrachten. Aus diesem haben sich als mannichfach divergirende Zweige die Schlangen, Crocodile, Schildkröten, Drachen u. s. w., kurz alle die verschiedenen Formen der Reptilien-Klasse entwickelt. Aber auch die merkwürdige Klasse der Vögel hat sich direct aus einem Zweige der Reptilien-Gruppe entwickelt, wie jetzt mit absoluter Sicherheit fest steht. Die Embryonen der Reptilien und Vögel sind noch bis in späte Zeit hinein identisch und theilweise auch noch später überraschend ähnlich. (Vergl. Taf. VI, Fig. *T* und *H*.) Ihre ganze Organisation stimmt so auffallend überein, dass kein Anatom mehr an der Abstammung der Vögel von den Reptilien zweifelt. Die Säugethier-Linie hat zwar an der tiefsten Wurzel mit der Reptilien-Linie zusammengehangen, dann aber sich völlig von ihr getrennt und ganz eigenartig entwickelt. Als höchstes Entwickelungs-Product dieser Säugethier-Linie tritt uns der Mensch entgegen, die sogenannte »Krone der Schöpfung«.

Neunzehnter Vortrag.

Die Ahnen-Reihe des Menschen.

IV. Vom Ursäuger bis zum Affen.

»Ein Jahrhundert anatomischer Untersuchung bringt uns zu der Folgerung Linné's, des grossen Gesetzgebers der systematischen Zoologie, zurück, dass der Mensch ein Glied derselben Ordnung ist, wie die Affen und Lemuren. Es bietet wohl kaum eine Säugethierordnung eine so ausserordentliche Reihe von Abstufungen dar, wie diese; sie führt uns unmerklich von der Krone und Spitze der thierischen Schöpfung zu Geschöpfen herab, von denen scheinbar nur ein Schritt zu den niedrigsten, kleinsten und wenigst intelligenten Formen der placentalen Säugethiere ist. Es ist, als ob die Natur die Anmaassung des Menschen selbst vorausgesehen hätte, als wenn sie mit altrömischer Strenge dafür gesorgt hätte, dass sein Verstand durch seine eigenen Triumphe die Sclaven in den Vordergrund stelle, den Eroberer daran mahnend, dass er nur Staub ist.«

Thomas Huxley (1863).

Inhalt des neunzehnten Vortrages.

Die Säugethier-Natur des Menschen. Gemeinsame Abstammung aller Säugethiere von einer einzigen Stammform (Promammale). Spaltung der Amnionthiere in zwei Hauptlinien: einerseits Reptilien und Vögel, anderseits Säugethiere. Zeitpunkt der Entstehung der Säugethiere: die Trias-Periode. Die drei Hauptgruppen oder Unterklassen der Säugethiere. Genealogisches Verhältniss derselben. Sechzehnte Ahnenstufe: Kloakenthiere (Monotremen oder Ornithodelphien). Die ausgestorbenen Ursäuger (Promammalien) und die heute noch lebenden Schnabelthiere (Ornithostomen). Siebzehnte Ahnenstufe: Beutelthiere (Marsupialien oder Didelphien). Ausgestorbene und lebende Beutelthiere. Ihre Mittelstellung zwischen den Monotremen und Placentalien. Entstehung und Organisation der Placentalthiere (Placentalien oder Monodelphien). Bildung der Placenta oder des Aderkuchens (Mutterkuchen und Fruchtkuchen). Die hinfällige Fruchthaut (Decidua). Gruppe der Indeciduen und der Deciduaten. Die Bildung der Decidua (vera, serotina, reflexa) beim Menschen und bei den Affen. Achtzehnte Stufe: Halbaffen (Prosimiae). Neunzehnte Stufe: Schwanzaffen (Menocerca). Zwanzigste Stufe: Menschenaffen (Anthropoides). Sprachlose und sprechende Menschen (Mali. Homines).

XIX.

Meine Herren!

Unter den zoologischen Thatsachen, welche uns bei unseren Untersuchungen über den Stammbaum des Menschengeschlechtes als feste Stützpunkte dienen, ist jedenfalls eine der wichtigsten und fundamentalsten die Stellung des Menschen in der Klasse der Säugethiere (*Mammalia*). Wie verschieden auch im Einzelnen die Zoologen seit langer Zeit die Stellung des Menschen innerhalb dieser Klasse beurtheilen, und wie verschieden namentlich auch die Auffassung seiner Beziehungen zu der nächstverwandten Gruppe der Affen erscheinen mag, so ist doch niemals ein Naturforscher darüber im Zweifel gewesen, dass der Mensch seiner ganzen körperlichen Organisation und Entwickelung nach ein echtes Säugethier sei. Wie Sie sich in jedem anatomischen Museum und in jedem Handbuche der vergleichenden Anatomie überzeugen können, besitzt der Körperbau des Menschen alle diejenigen Eigenthümlichkeiten, in denen alle Säugethiere übereinstimmen, und durch welche sie sich von allen übrigen Thieren bestimmt unterscheiden.

Wenn wir nun diese feststehende anatomische Thatsache im Lichte der Descendenz-Theorie phylogenetisch deuten, so ergiebt sich für uns daraus unmittelbar die Folgerung, dass der Mensch mit allen übrigen Säugethieren eines gemeinsamen Stammes ist und von einer und derselben Wurzel mit ihnen abstammt. Die vielerlei Eigenthümlichkeiten, in denen sämmtliche Säugethiere übereinstimmen, und durch die sie sich vor allen anderen Thieren auszeichnen, sind aber der Art, dass gerade hier eine polyphyletische Hypothese ganz unzulässig erscheint. Unmöglich können wir uns vorstellen, dass die sämmtlichen lebenden und ausgestorbenen Säugethiere von mehreren verschiedenen und ursprünglich getrennten Wurzelformen abstammen. Vielmehr müssen wir, wenn wir überhaupt die Entwickelungs-Theorie anerkennen, die monophyletische Hypothese aufstellen, dass alle Säugethiere mit Inbegriff des Menschen von einer

einzigen Säugethier-Stammform abzuleiten sind. Wir wollen diese längst ausgestorbene uralte Wurzelform und ihre nächsten (nur etwa als mehrfache Gattungen einer Familie verschiedenen) Descendenten als Ursäuger oder Stammsäuger (*Promammalia*) bezeichnen. Wie wir bereits gesehen haben, entwickelte sich diese Wurzelform aus dem uralten Protamnien-Stamm in einer ganz anderen Richtung, als die Abtheilung der Reptilien, aus der später die höher entwickelte Klasse der Vögel hervorging. Die Unterschiede, welche die Säugethiere einerseits, die Reptilien und Vögel anderseits auszeichnen, sind so bedeutend und charakteristisch, dass wir mit voller Sicherheit eine solche einfache Gabelspaltung des Wirbelthier-Stammbaumes an seiner Spitze annehmen dürfen. Die Reptilien und Vögel (welche wir als Monocondylien oder Sauropsiden zusammenfassten) stimmen namentlich ganz überein in der charakteristischen Bildung des Schädels und des Gehirns, die von derjenigen der Säugethiere sich auffallend unterscheidet. Der Schädel ist bei den Reptilien und Vögeln durch einen einfachen, bei den Säugethieren hingegen (wie bei den Amphibien) durch einen doppelten Gelenkhöcker (*Condylus*) des Hinterhauptes mit dem ersten Halswirbel (dem *Atlas*) verbunden. Bei den ersteren ist der Unterkiefer aus vielen Stücken zusammengesetzt und mit dem Schädel durch einen besonderen Kieferstiel (das Quadratbein) beweglich verbunden; bei den letzteren hingegen besteht der Unterkiefer nur aus einem Paar Knochenstücken, die unmittelbar an dem Schläfenbein eingelenkt sind. Ferner ist bei den Sauropsiden (Reptilien und Vögeln) die Haut mit Schuppen oder Federn, bei den Säugethieren mit Haaren bedeckt. Die rothen Blutzellen der ersteren besitzen einen Kern, die der letzteren dagegen nicht. Die Eier der ersteren sind sehr gross, mit einem mächtigen Nahrungsdotter ausgerüstet und aus ihrer scheibenartigen Furchung entsteht eine Scheiben-Gastrula; die Eier der letzteren sind sehr klein, ohne Nahrungsdotter und aus ihrer ungleichmässigen Furchung geht eine Hauben-Gastrula her. Zwei ganz charakteristische Eigenschaften der Säugethiere endlich, durch welche sie sich sowohl von den Vögeln und Reptilien, wie von allen anderen Thieren unterscheiden, sind erstens der Besitz eines vollständigen Zwerchfelles und zweitens der Besitz der Milchdrüsen, welche die Ernährung des neugeborenen Jungen durch die Milch der Mutter vermitteln. Nur bei den Säugethieren bildet das Zwerchfell eine quere Scheidewand der Leibeshöhle, welche Brusthöhle und Bauchhöhle vollständig von einander trennt. (Vergl. Taf. V, Fig. 16z). Nur beiden Säuge-

thieren säugt die Mutter ihr Junges mit ihrer Milch, und mit vollem Rechte trägt die ganze Classe davon ihren Namen.

Aus diesen bedeutungsvollen Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie geht mit voller Sicherheit hervor, dass der Stamm der Amnionthiere oder Amnioten sich schon gleich unten an seiner Wurzel in zwei verschiedene Hauptlinien gespalten hat: einerseits in die Linie der Reptilien, aus denen sich später die Vögel entwickelten; anderseits in die Linie der Säugethiere. Aus diesen Thatsachen ergiebt sich ferner mit derselben unzweifelhaften Sicherheit, dass aus der letzteren Linie auch der Mensch entsprungen ist. Denn alle die angeführten Eigenthümlichkeiten theilt der Mensch mit allen Säugethieren und unterscheidet sich dadurch von allen übrigen Thieren. Aus diesen Thatsachen ergeben sich uns endlich auch mit derselben Sicherheit diejenigen Fortschritte in der Wirbelthier-Organisation, durch welche sich ein Zweig der Protamnien in die Stammform der Säugethiere verwandelt hat. Als solche Fortschritte können wir vor allen hervorheben: 1) die charakteristische Umbildung des Schädels und des Gehirns; 2) Die Bildung eines Haarkleides; 3) die vollständige Ausbildung des Zwerchfelles; und 4) die Bildung der Milchdrüsen und Anpassung an das Säugegeschäft. Hand in Hand damit traten andere wichtige Veränderungen der Organisation ein.

Der Zeitpunkt, in dem diese wichtigen Fortschritte stattfanden und in dem somit der erste Grund zur Säugethier-Klasse gelegt wurde, lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit in den ersten Abschnitt des mesolithischen oder secundären Zeitalters setzen: in die Trias-Periode. Es sind nämlich die ältesten versteinerten Reste von Säugethieren, welche wir kennen, in sedimentären Gesteinschichten gefunden worden, die zu den jüngsten Ablagerungen der Trias-Periode, zum oberen Keuper gehören. Allerdings ist es möglich, dass die Stammformen der Säugethiere schon früher (vielleicht schon zu Ende der paläolithischen Zeit, in der permischen Periode) auftraten. Allein versteinerte Reste derselben sind uns aus jener Zeit noch nicht bekannt. Auch während des ganzen mesolithischen Zeitalters, während der ganzen Trias-, Jura- und Kreide-Periode, bleiben die fossilen Säugethiere-Reste noch sehr spärlich und deuten auf eine geringe Entwickelung der ganzen Klasse. Während dieses mesolithischen Zeitalters spielen vielmehr die Reptilien die Hauptrolle und die Mammalien treten ganz dagegen zurück (S. 387). Besonders wichtig und interessant ist es aber, dass alle mesolithischen Säugethier-Versteinerungen zu der niederen und älteren Abtheilung der

Beutelthiere, einige wahrscheinlich auch zu der noch älteren Abtheilung der Kloakenthiere oder Monotremen gehören. Hingegen finden wir unter denselben noch keine Spuren von der dritten und höchst entwickelten Abtheilung der Säuger, von den Placentalthieren. Die letzteren, zu denen auch der Mensch gehört, sind viel jünger, und wir finden ihre fossilen Reste erst viel später, erst in dem darauf folgenden caenolithischen Zeitalter, in der Tertiär-Zeit. Diese paläontologische Thatsache ist deshalb sehr bedeutungsvoll, weil sie ganz zu derjenigen Entwickelungsfolge der Mammalien-Ordnungen stimmt, welche aus ihrer vergleichenden Anatomie und Ontogenie unzweifelhaft hervorgeht.

Die letztere lehrt uns, dass die ganze Säugethier-Klasse in drei Hauptgruppen oder Unterklassen zerfällt, welche drei auf einander folgenden phylogenetischen Entwickelungsstufen derselben entsprechen. Diese drei Stufen, welche demgemäss auch drei wichtige Ahnen-Stufen unseres menschlichen Staumbaumes darstellen, hat zuerst im Jahre 1816 der ausgezeichnete französische Zoologe Blainville unterschieden und nach der Bildung der weiblichen Geschlechtsorgane als Ornithodelphien, Didelphien und Monodelphien bezeichnet (*Delphys* ist der griechische Ausdruck für *Uterus*, Gebärmutter oder Fruchtbehälter). Aber nicht allein in dieser verschiedenen Bildung der Geschlechtsorgane, sondern auch in vielen anderen Beziehungen weichen jene drei Unterklassen dergestalt von einander ab, dass wir mit Sicherheit den wichtigen phylogenetischen Satz aufstellen können: Die Monodelphien oder Placentalthiere stammen von den Didelphien oder Beutelthieren ab; und diese letzteren sind wiederum spätere Abkömmlinge der Kloakenthiere oder Ornithodelphien.

Demnach hätten wir jetzt zunächst als die sechzehnte Ahnenstufe unseres menschlichen Stammbaumes die älteste und niederste Hauptgruppe der Säugethiere zu betrachten: die Unterklasse der Kloakenthiere oder Gabler (*Monotremata* oder *Ornithodelphia*). Ihren Namen hat dieselbe von der »Kloake« erhalten, welche sie noch mit sämmtlichen niederen Wirbelthieren theilt. Diese sogenannte »Kloake« ist die gemeinsame Ausführungshöhle für die Excremente, für den Harn und für die Geschlechtsprodukte (Fig. 327). Es münden bei diesen Kloakenthieren die Harnleiter und die Geschlechtscanäle noch in den hintersten Theil des Darmes ein, während sie bei allen übrigen Säugethieren vom Mastdarm und After vollständig getrennt sind und eine besondere Harn-Geschlechts-Oeffnung besitzen (*Porus urogeni-*

talis). Auch die Harnblase mündet bei den Monotremen noch in die Kloake, und zwar getrennt von den beiden Harnleitern (Fig. 327 *vu*); bei allen anderen Mammalien münden letztere direct in die Harnblase. Eigenthümlich ist ferner bei den Monotremen die Bildung der *Mamma* oder der Milchdrüse, mittelst welcher alle Säugethiere ihre neugeborenen Jungen längere Zeit hindurch säugen. Die Milchdrüse hat hier nämlich noch keine Milchzitze oder Brustwarze, an welcher das junge Thier saugen könnte; sondern es ist nur eine besondere, einfach siebförmig durchlöcherte Stelle der Haut vorhanden, aus der die Milch hervortritt und von welcher das junge Kloakenthier dieselbe ablecken muss. Man hat sie deshalb auch wohl Zitzenlose (*Amasta*) genannt. Ferner ist das Gehirn der Kloakenthiere auf einer viel tieferen Stufe der Ausbildung stehen geblieben, als dasjenige aller übrigen Säugethiere. Namentlich ist das Vorderhirn oder Grosshirn hier noch so klein, dass es das Hinterhirn oder Kleinhirn von hinten her gar nicht bedeckt. Am Skelet (Fig. 196) ist neben anderen Theilen besonders die Bildung des Schultergürtels merkwürdig, die ganz von derjenigen der übrigen Säugethiere abweicht und vielmehr mit derjenigen der niederen Wirbelthiere, namentlich der Reptilien und Amphibien übereinstimmt. Gleich den letzeren besitzen nämlich die Monotremen ein sehr entwickeltes »Rabenbein« (*Coracoideum*), einen starken Knochen, der das Schulterblatt mit dem Brustbeine verbindet. Bei allen übrigen Säugern ist das Rabenbein (wie beim Menschen) verkümmert, mit dem Schulterblatt verwachsen, und erscheint nur als ein unbedeutender Fortsatz des letzteren. Aus diesen und noch vielen anderen, weniger auffallenden Eigenthümlichkeiten geht mit Sicherheit hervor, dass die Kloakenthiere unter den Säugethieren die tiefste Stufe einnehmen und eine unmittelbare Zwischenform zwischen den Protamnien und den übrigen Mammalien darstellen. Alle jene merkwürdigen Amphibien-Charaktere wird auch noch die Stammform der ganzen Säugethier-Klasse, das Promammale, besessen und von den Uramnioten geerbt haben.

Während der Trias- und Jura-Periode wird die Unterklasse der Monotremen durch viele und mannichfaltig gestaltete Stammsäuger vertreten gewesen sein. Heutzutage leben von derselben nur noch zwei letzte, vereinzelte Ueberbleibsel, die wir in der Familie der Schnabelthiere (*Ornithostoma*) zusammenfassen. Beide Schnabelthiere sind auf Neuholland und die nahe gelegene Insel Vandiemens-Land (oder Tasmanien) beschränkt; beide werden alljährlich seltener und werden bald, gleich ihren sämmtlichen Blutsverwandten, zu den

ausgestorbenen Thieren unseres Erdballs gehören. Die eine Form lebt schwimmend in Flüssen und baut sich unterirdische Wohnungen am Ufer derselben: das ist das bekannte Wasser-Schnabelthier (*Ornithorhynchus paradoxus*), mit Schwimmhäuten an den Füssen, einem dichten weichen Pelz und breiten platten Kiefern, die einem Entenschnabel sehr ähnlich sehen (Fig. 195, 196). Die andere Form,



Fig. 195.



Fig. 196.

Fig. 195. Das Wasser-Schnabelthier [illegible]
Fig. 196. Skelet des Wasser-Schnabelthieres.

das Land-Schnabelthier (*Echidna hystrix*), hat in der Lebensweise und in der charakteristischen Bildung des dünnen Rüssels und der sehr langen Zunge viel Aehnlichkeit mit den Ameisenfressern: sie ist mit Stacheln bedeckt und kann sich zusammenkugeln, wie ein Igel. Beide noch heute lebende Schnabelthiere besitzen keine wahren knöchernen Zähne und gleichen darin den Zahnlosen (*Edentata*). Dieser Zahnmangel ist gleich anderen Eigenthümlichkeiten der Ornithostomen wohl als ein spät erworbener Anpassungs-Charakter zu betrachten. Hingegen werden diejenigen ausgestorbenen Monotremen, welche die Stammformen der ganzen Säugethier-Klasse enthielten, die **Stammsäuger** (*Promammalia*), sicher mit einem entwickelten (schon von den Fischen ererbten) Gebiss versehen gewesen sein. [157]) Einzelne kleine Backenzähne, welche in den obersten Schichten des Keupers (in Würtemberg und England) gefunden worden und welche die ältesten uns bekannten Säugethier-Reste sind, gehören wahrscheinlich solchen uralten Promammalien an. Die Zähne deuten durch ihre Form auf Insecten-Nahrung hin: die Species, der sie angehörten, hat man *Microlestes antiquus* genannt. Zähne eines anderen, nahe verwandten Ursäugethieres (*Dromatherium silvestre*) sind neuerdings in der Trias von Nordamerika gefunden worden.

Als zwei verschiedene und weit divergirende Descendenz-Linien dieser Ursäuger oder Promammalien sind einerseits die heute noch lebenden Schnabelthiere, anderseits die Stammformen der **Beutelthiere** (*Marsupialia* oder *Didelphia*) zu betrachten. Diese zweite Unterklasse der Säugethiere ist von hohem Interesse, als eine vollkommene Zwischenstufe zwischen den beiden anderen. Während die Beutelthiere einerseits einen grossen Theil von den Eigenthümlichkeiten der Monotremen beibehalten, besitzen sie anderseits schon einen grossen Theil von den Merkmalen der Placentalthiere. Einzelne Charaktere sind auch den Marsupialien allein eigenthümlich, so namentlich die Bildung der männlichen und weiblichen Geschlechts-Organe und die Form des Unterkiefers. Die Beutelthiere zeichnen sich nämlich durch einen eigenthümlichen, hakenförmigen Knochen-Fortsatz aus, welcher vom Winkel des Unterkiefers horizontal nach innen vorspringt. Da weder die Monotremen, noch die Placentalien diesen Fortsatz besitzen, so ist man im Stande, an dieser Bildung allein das Beutelthier als solches zu erkennen. Nun sind fast alle Säugethier-Versteinerungen, welche wir aus der Jura- und Kreide-Formation kennen, bloss Unterkiefer. Von zahlreichen mesolithischen Säugethieren, von deren einstiger Existenz wir sonst gar Nichts wissen

einzigen Säugethier-Stammform abzuleiten sind. Wir wollen diese längst ausgestorbene uralte Wurzelform und ihre nächsten (nur etwa als mehrfache Gattungen einer Familie verschiedenen) Descendenten als Ursäuger oder Stammsäuger (*Promammalia*) bezeichnen. Wie wir bereits gesehen haben, entwickelte sich diese Wurzelform aus dem uralten Protamnien-Stamm in einer ganz anderen Richtung, als die Abtheilung der Reptilien, aus der später die höher entwickelte Klasse der Vögel hervorging. Die Unterschiede, welche die Säugethiere einerseits, die Reptilien und Vögel anderseits auszeichnen, sind so bedeutend und charakteristisch, dass wir mit voller Sicherheit eine solche einfache Gabelspaltung des Wirbelthier-Stammbaumes an seiner Spitze annehmen dürfen. Die Reptilien und Vögel (welche wir als Monocondylien oder Sauropsiden zusammenfassten) stimmen namentlich ganz überein in der charakteristischen Bildung des Schädels und des Gehirns, die von derjenigen der Säugethiere sich auffallend unterscheidet. Der Schädel ist bei den Reptilien und Vögeln durch einen einfachen, bei den Säugethieren hingegen (wie bei den Amphibien) durch einen doppelten Gelenkhöcker (*Condylus*) des Hinterhauptes mit dem ersten Halswirbel (dem *Atlas*) verbunden. Bei den ersteren ist der Unterkiefer aus vielen Stücken zusammengesetzt und mit dem Schädel durch einen besonderen Kieferstiel (das Quadratbein) beweglich verbunden; bei den letzteren hingegen besteht der Unterkiefer nur aus einem Paar Knochenstücken, die unmittelbar an dem Schläfenbein eingelenkt sind. Ferner ist bei den Sauropsiden (Reptilien und Vögeln) die Haut mit Schuppen oder Federn, bei den Säugethieren mit Haaren bedeckt. Die rothen Blutzellen der ersteren besitzen einen Kern, die der letzteren dagegen nicht. Die Eier der ersteren sind sehr gross, mit einem mächtigen Nahrungsdotter ausgerüstet und aus ihrer scheibenartigen Furchung entsteht eine Scheiben-Gastrula: die Eier der letzteren sind sehr klein, ohne Nahrungsdotter und aus ihrer ungleichmässigen Furchung geht eine Hauben-Gastrula her. Zwei ganz charakteristische Eigenschaften der Säugethiere endlich, durch welche sie sich sowohl von den Vögeln und Reptilien, wie von allen anderen Thieren unterscheiden, sind erstens der Besitz eines vollständigen Zwerchfelles und zweitens der Besitz der Milchdrüsen, welche die Ernährung des neugeborenen Jungen durch die Milch der Mutter vermitteln. Nur bei den Säugethieren bildet das Zwerchfell eine quere Scheidewand der Leibeshöhle, welche Brusthöhle und Bauchhöhle vollständig von einander trennt. (Vergl. Taf. V, Fig. 16*z*). Nur beiden Säuge-

thieren säugt die Mutter ihr Junges mit ihrer Milch, und mit vollem Rechte trägt die ganze Classe davon ihren Namen.

Aus diesen bedeutungsvollen Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie geht mit voller Sicherheit hervor, dass der Stamm der Amnionthiere oder Amnioten sich schon gleich unten an seiner Wurzel in zwei verschiedene Hauptlinien gespalten hat: einerseits in die Linie der Reptilien, aus denen sich später die Vögel entwickelten; anderseits in die Linie der Säugethiere. Aus diesen Thatsachen ergiebt sich ferner mit derselben unzweifelhaften Sicherheit, dass aus der letzteren Linie auch der Mensch entsprungen ist. Denn alle die angeführten Eigenthümlichkeiten theilt der Mensch mit allen Säugethieren und unterscheidet sich dadurch von allen übrigen Thieren. Aus diesen Thatsachen ergeben sich uns endlich auch mit derselben Sicherheit diejenigen Fortschritte in der Wirbelthier-Organisation, durch welche sich ein Zweig der Protamnien in die Stammform der Säugethiere verwandelt hat. Als solche Fortschritte können wir vor allen hervorheben: 1) die charakteristische Umbildung des Schädels und des Gehirns; 2) Die Bildung eines Haarkleides; 3) die vollständige Ausbildung des Zwerchfelles; und 4) die Bildung der Milchdrüsen und Anpassung an das Säugegeschäft. Hand in Hand damit traten andere wichtige Veränderungen der Organisation ein.

Der Zeitpunkt, in dem diese wichtigen Fortschritte stattfanden und in dem somit der erste Grund zur Säugethier-Klasse gelegt wurde, lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit in den ersten Abschnitt des mesolithischen oder secundären Zeitalters setzen: in die Trias-Periode. Es sind nämlich die ältesten versteinerten Reste von Säugethieren, welche wir kennen, in sedimentären Gesteinschichten gefunden worden, die zu den jüngsten Ablagerungen der Trias-Periode, zum oberen Keuper gehören. Allerdings ist es möglich, dass die Stammformen der Säugethiere schon früher (vielleicht schon zu Ende der paläolithischen Zeit, in der permischen Periode) auftraten. Allein versteinerte Reste derselben sind uns aus jener Zeit noch nicht bekannt. Auch während des ganzen mesolithischen Zeitalters, während der ganzen Trias-, Jura- und Kreide-Periode, bleiben die fossilen Säugethiere-Reste noch sehr spärlich und deuten auf eine geringe Entwickelung der ganzen Klasse. Während dieses mesolithischen Zeitalters spielen vielmehr die Reptilien die Hauptrolle und die Mammalien treten ganz dagegen zurück (S. 387). Besonders wichtig und interessant ist es aber, dass alle mesolithischen Säugethier-Versteinerungen zu der niederen und älteren Abtheilung der

Beutelthiere, einige wahrscheinlich auch zu der noch älteren Abtheilung der Kloakenthiere oder Monotremen gehören. Hingegen finden wir unter denselben noch keine Spuren von der dritten und höchst entwickelten Abtheilung der Säuger, von den Placentalthieren. Die letzteren, zu denen auch der Mensch gehört, sind viel jünger, und wir finden ihre fossilen Reste erst viel später, erst in dem darauf folgenden caenolithischen Zeitalter, in der Tertiär-Zeit. Diese paläontologische Thatsache ist deshalb sehr bedeutungsvoll, weil sie ganz zu derjenigen Entwickelungsfolge der Mammalien-Ordnungen stimmt, welche aus ihrer vergleichenden Anatomie und Ontogenie unzweifelhaft hervorgeht.

Die letztere lehrt uns, dass die ganze Säugethier-Klasse in drei Hauptgruppen oder Unterklassen zerfällt, welche drei auf einander folgenden phylogenetischen Entwickelungsstufen derselben entsprechen. Diese drei Stufen, welche demgemäss auch drei wichtige Ahnen-Stufen unseres menschlichen Staumbaumes darstellen, hat zuerst im Jahre 1816 der ausgezeichnete französische Zoologe BLAINVILLE unterschieden und nach der Bildung der weiblichen Geschlechtsorgane als Ornithodelphien, Didelphien und Monodelphien bezeichnet (*Delphys* ist der griechische Ausdruck für *Uterus*, Gebärmutter oder Fruchtbehälter). Aber nicht allein in dieser verschiedenen Bildung der Geschlechtsorgane, sondern auch in vielen anderen Beziehungen weichen jene drei Unterklassen dergestalt von einander ab, dass wir mit Sicherheit den wichtigen phylogenetischen Satz aufstellen können: Die Monodelphien oder Placentalthiere stammen von den Didelphien oder Beutelthieren ab: und diese letzteren sind wiederum spätere Abkömmlinge der Kloakenthiere oder Ornithodelphien.

Demnach hätten wir jetzt zunächst als die sechzehnte Ahnenstufe unseres menschlichen Stammbaumes die älteste und niederste Hauptgruppe der Säugethiere zu betrachten: die Unterklasse der Kloakenthiere oder Gabler (*Monotremata* oder *Ornithodelphia*). Ihren Namen hat dieselbe von der »Kloake« erhalten, welche sie noch mit sämmtlichen niederen Wirbelthieren theilt. Diese sogenannte »Kloake« ist die gemeinsame Ausführungshöhle für die Excremente, für den Harn und für die Geschlechtsprodukte (Fig. 327). Es münden bei diesen Kloakenthieren die Harnleiter und die Geschlechtscanäle noch in den hintersten Theil des Darmes ein, während sie bei allen übrigen Säugethieren vom Mastdarm und After vollständig getrennt sind und eine besondere »Harn-Geschlechts-Oeffnung« besitzen (*Porus urogeni-*

talis). Auch die Harnblase mündet bei den Monotremen noch in die Kloake, und zwar getrennt von den beiden Harnleitern (Fig. 327 *vu*); bei allen anderen Mammalien münden letztere direct in die Harnblase. Eigenthümlich ist ferner bei den Monotremen die Bildung der *Mamma* oder der Milchdrüse, mittelst welcher alle Säugethiere ihre neugeborenen Jungen längere Zeit hindurch säugen. Die Milchdrüse hat hier nämlich noch keine Milchzitze oder Brustwarze, an welcher das junge Thier saugen könnte; sondern es ist nur eine besondere, einfach siebförmig durchlöcherte Stelle der Haut vorhanden, aus der die Milch hervortritt und von welcher das junge Kloakenthier dieselbe ablecken muss. Man hat sie deshalb auch wohl Zitzenlose (*Amasta*) genannt. Ferner ist das Gehirn der Kloakenthiere auf einer viel tieferen Stufe der Ausbildung stehen geblieben, als dasjenige aller übrigen Säugethiere. Namentlich ist das Vorderhirn oder Grosshirn hier noch so klein, dass es das Hinterhirn oder Kleinhirn von hinten her gar nicht bedeckt. Am Skelet (Fig. 196) ist neben anderen Theilen besonders die Bildung des Schultergürtels merkwürdig, die ganz von derjenigen der übrigen Säugethiere abweicht und vielmehr mit derjenigen der niederen Wirbelthiere, namentlich der Reptilien und Amphibien übereinstimmt. Gleich den letzeren besitzen nämlich die Monotremen ein sehr entwickeltes »Rabenbein« (*Coracoideum*), einen starken Knochen, der das Schulterblatt mit dem Brustbeine verbindet. Bei allen übrigen Säugern ist das Rabenbein (wie beim Menschen) verkümmert, mit dem Schulterblatt verwachsen, und erscheint nur als ein unbedeutender Fortsatz des letzteren. Aus diesen und noch vielen anderen, weniger auffallenden Eigenthümlichkeiten geht mit Sicherheit hervor, dass die Kloakenthiere unter den Säugethieren die tiefste Stufe einnehmen und eine unmittelbare Zwischenform zwischen den Protamnien und den übrigen Mammalien darstellen. Alle jene merkwürdigen Amphibien-Charaktere wird auch noch die Stammform der ganzen Säugethier-Klasse, das Promammale, besessen und von den Uramnioten geerbt haben.

Während der Trias- und Jura-Periode wird die Unterklasse der Monotremen durch viele und mannichfaltig gestaltete Stammsäuger vertreten gewesen sein. Heutzutage leben von derselben nur noch zwei letzte, vereinzelte Ueberbleibsel, die wir in der Familie der Schnabelthiere (*Ornithostoma*) zusammenfassen. Beide Schnabelthiere sind auf Neuholland und die nahe gelegene Insel Vandiemens-Land (oder Tasmanien) beschränkt; beide werden alljährlich seltener und werden bald, gleich ihren sämmtlichen Blutsverwandten, zu den

ausgestorbenen Thieren unseres Erdballs gehören. Die eine Form lebt schwimmend in Flüssen und baut sich unterirdische Wohnungen am Ufer derselben: das ist das bekannte Wasser-Schnabelthier (*Ornithorhynchus paradoxus*), mit Schwimmhäuten an den Füssen, einem dichten weichen Pelz und breiten platten Kiefern, die einem Entenschnabel sehr ähnlich sehen (Fig. 195, 196). Die andere Form,



Fig. 195.

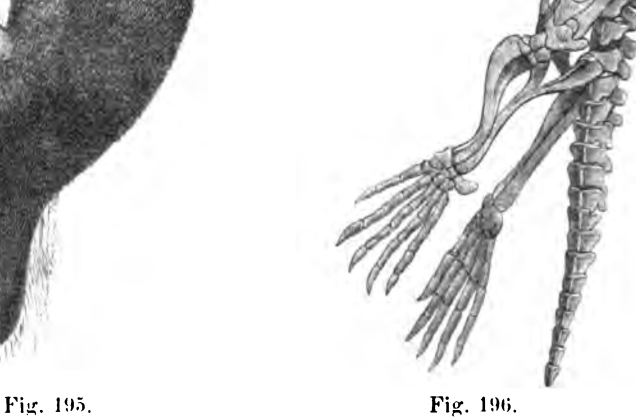


Fig. 196.

Fig. 195. Das Wasser-Schnabelthier (*Ornithorhynchus paradoxus*).
Fig. 196. Skelet des Wasser-Schnabelthieres.

das Land-Schnabelthier (*Echidna hystrix*), hat in der Lebensweise und in der charakteristischen Bildung des dünnen Rüssels und der sehr langen Zunge viel Aehnlichkeit mit den Ameisenfressern; sie ist mit Stacheln bedeckt und kann sich zusammenkugeln, wie ein Igel. Beide noch heute lebende Schnabelthiere besitzen keine wahren knöchernen Zähne und gleichen darin den Zahnlosen (*Edentata*). Dieser Zahnmangel ist gleich anderen Eigenthümlichkeiten der Ornithostomen wohl als ein spät erworbener Anpassungs-Charakter zu betrachten. Hingegen werden diejenigen ausgestorbenen Monotremen, welche die Stammformen der ganzen Säugethier-Klasse enthielten, die Stammsäuger (*Promammalia*), sicher mit einem entwickelten (schon von den Fischen ererbten) Gebiss versehen gewesen sein.[157]) Einzelne kleine Backenzähne, welche in den obersten Schichten des Keupers (in Würtemberg und England) gefunden worden und welche die ältesten uns bekannten Säugethier-Reste sind, gehören wahrscheinlich solchen uralten Promammalien an. Die Zähne deuten durch ihre Form auf Insecten-Nahrung hin; die Species, der sie angehörten, hat man *Microlestes antiquus* genannt. Zähne eines anderen, nahe verwandten Ursäugethieres (*Dromatherium silvestre*) sind neuerdings in der Trias von Nordamerika gefunden worden.

Als zwei verschiedene und weit divergirende Descendenz-Linien dieser Ursäuger oder Promammalien sind einerseits die heute noch lebenden Schnabelthiere, anderseits die Stammformen der Beutelthiere (*Marsupialia* oder *Didelphia*) zu betrachten. Diese zweite Unterklasse der Säugethiere ist von hohem Interesse, als eine vollkommene Zwischenstufe zwischen den beiden anderen. Während die Beutelthiere einerseits einen grossen Theil von den Eigenthümlichkeiten der Monotremen beibehalten, besitzen sie anderseits schon einen grossen Theil von den Merkmalen der Placentalthiere. Einzelne Charaktere sind auch den Marsupialien allein eigenthümlich, so namentlich die Bildung der männlichen und weiblichen Geschlechts-Organe und die Form des Unterkiefers. Die Beutelthiere zeichnen sich nämlich durch einen eigenthümlichen, hakenförmigen Knochen-Fortsatz aus, welcher vom Winkel des Unterkiefers horizontal nach innen vorspringt. Da weder die Monotremen, noch die Placentalien diesen Fortsatz besitzen, so ist man im Stande, an dieser Bildung allein das Beutelthier als solches zu erkennen. Nun sind fast alle Säugethier-Versteinerungen, welche wir aus der Jura- und Kreide-Formation kennen, bloss Unterkiefer. Von zahlreichen mesolithischen Säugethieren, von deren einstiger Existenz wir sonst gar Nichts wissen

ausgestorbenen Thieren unseres Erdballs gehören. Die eine Form lebt schwimmend in Flüssen und baut sich unterirdische Wohnungen am Ufer derselben: das ist das bekannte Wasser-Schnabelthier (*Ornithorhynchus paradoxus*), mit Schwimmhäuten an den Füssen, einem dichten weichen Pelz und breiten platten Kiefern, die einem Entenschnabel sehr ähnlich sehen (Fig. 195, 196). Die andere Form,

Fig. 195. Fig. 196.

Fig. 195. Das Wasser-Schnabelthier (*Ornithorhynchus paradoxus*).
Fig. 196. Skelet des Wasser-Schnabelthieres.

Reste wurden von letzteren allmählich auf ihren jetzigen beschränkten Verbreitungsbezirk zurückgedrängt.

Aus der vergleichenden Anatomie der heute noch lebenden Beutelthiere können wir sehr interessante Schlüsse auf ihre phylogenetische



Fig. 197.

Mittelstellung zwischen Kloakenthieren und Placentalthieren ziehen. Die mangelhafte Ausbildung des Gehirns (besonders des grossen Gehirns), den Besitz von Beutelknochen (*Ossa marsupialia*), sowie die einfache Bildung der Allantois (die noch keine Placenta entwickelt!)

Fig. 197. Die krebsfressende Beutelratte (*Philander cancrivorus*). Das Weibchen trägt zwei Junge im Beutel. (Nach BREHM.)

würden, giebt uns allein ihr fossiler Unterkiefer Kunde, während von ihrem ganzen übrigen Körper kein einziges Stück conservirt ist. Nach der gewöhnlichen Logik, welche die »exacten« Gegner der Descendenz-Theorie in der Paläontologie anwenden, müsste man hieraus schliessen, dass jene Säugethiere weiter gar keinen Knochen als den Unterkiefer besassen. Indessen erklärt sich dieser auffallende Umstand im Grunde ganz einfach. Da nämlich der Unterkiefer der Säugethiere ein massiver Knochen von besonderer Festigkeit, aber nur sehr locker mit dem Schädel verbunden ist, so löst er sich bei dem auf dem Flusse treibenden Leichnam leicht ab, fällt auf den Boden des Flusses und wird in dessen Schlamm conservirt. Das übrige Cadaver treibt weiter und wird allmählich zerstört. Da nun alle die Unterkiefer von Säugethieren, welche wir in den Jura-Schiefern von Stonesfield und Purbeck in England finden, jenen eigenthümlichen Fortsatz zeigen, durch welchen sich der Unterkiefer der Beutelthiere auszeichnet, so dürfen wir aus dieser paläontologischen Thatsache schliessen, dass sie Marsupialien angehört haben. Placentalthiere scheinen während des mesolithischen Zeitraums noch gar nicht existirt zu haben. Wenigstens kennen wir mit Sicherheit noch keine fossilen Reste derselben aus diesem Zeitraume.

Die heute noch lebenden Beutelthiere, von denen die pflanzenfressenden Känguruhs und die fleischfressenden Beutelratten (Fig. 197) die bekanntesten sind, zeigen in ihrer Organisation, Körperform und Grösse sehr beträchtliche Verschiedenheiten und entsprechen in vielen Beziehungen den einzelnen Ordnungen der Placentalthiere. Die grosse Mehrzahl derselben lebt in Australien, auf Neuholland und auf einem kleinen Theile der australischen und südasiatischen Inselwelt: einige wenige Arten finden sich auch in Amerika. Hingegen lebt gegenwärtig kein einziges Beutelthier mehr auf dem Festlande von Asien, in Afrika und in Europa. Ganz anders war dies Verhältniss während der mesolithischen und auch noch während der älteren caenolithischen Zeit. Denn die neptunischen Ablagerungen dieser Periode enthalten zahlreiche, verschiedenartige und zum Theil colossale Reste von Beutelthieren in den verschiedensten Theilen der Erde, auch in Europa. Daraus dürfen wir schliessen, dass die heute lebenden Marsupialien nur einen letzten Rest von einer früher viel entwickelteren Gruppe darstellen, die über die ganze Erdoberfläche verbreitet war. Während der Tertiär-Zeit unterlag dieselbe im Kampfe um's Dasein den mächtigeren Placentalthieren, und die überlebenden

Reste wurden von letzteren allmählich auf ihren jetzigen beschränkten Verbreitungsbezirk zurückgedrängt.

Aus der vergleichenden Anatomie der heute noch lebenden Beutelthiere können wir sehr interessante Schlüsse auf ihre phylogenetische



Fig. 197.

Mittelstellung zwischen Kloakenthieren und Placentalthieren ziehen. Die mangelhafte Ausbildung des Gehirns (besonders des grossen Gehirns), den Besitz von Beutelknochen (*Ossa marsupialia*), sowie die einfache Bildung der Allantois (die noch keine Placenta entwickelt!)

Fig. 197. Die krebsfressende Beutelratte (*Philander cancrivorus*). Das Weibchen trägt zwei Junge im Beutel. (Nach BREHM.)

haben die Beutelthiere nebst manchen anderen Eigenthümlichkeiten von den Monotremen geerbt und conservirt. Hingegen haben sie das selbstständige Schnabelbein (*Os coracoideum*) am Schultergürtel verloren. Ein wichtiger Fortschritt aber besteht namentlich darin, dass die Kloakenbildung aufhört; die Mastdarmhöhle mit der Afteröffnung wird durch eine Scheidewand von der Harn- und Geschlechts-Oeffnung (vom *Sinus urogenitalis*) getrennt. Ferner entwickeln alle Beutelthiere besondere Zitzen an den Milchdrüsen und an diesen Saugwarzen saugt sich das neugeborene Junge fest an. Die Zitzen ragen in den Hohlraum einer Tasche oder eines Beutels an der Bauchseite der Mutter hinein, welcher durch ein paar Beutelknochen gestützt wird. Die Jungen werden in sehr unvollkommenem Zustande geboren und von der Mutter in ihrem Beutel längere Zeit umhergetragen, bis sie fertig ausgebildet sind (Fig. 197). Bei dem grossen Riesen-Känguruh, welches mannshoch wird, entwickelt sich der Embryo nur einen Monat lang im Uterus, wird dann in höchst unvollkommener Form geboren und erreicht seine ganze weitere Ausbildung im Beutel der Mutter, wo er gegen neun Monate an der Zitze der Milchdrüse angesaugt hängen bleibt.

Aus allen diesen und anderen Eigenthümlichkeiten (insbesondere auch aus der eigenthümlichen Bildung der inneren und äusseren Geschlechts-Organe beim Männchen und Weibchen) geht klar hervor, dass wir die ganze Unterklasse der Beutelthiere als eine einheitliche Stammgruppe auffassen müssen, die sich aus dem Promammalien-Zweige hervorgebildet hat. Aus einem Zweige dieser Marsupialien (vielleicht aus mehreren) sind später die Stammformen der höheren Säugethiere, der Placentalthiere, hervorgegangen. Wir müssen daher unter den Vorfahren des Menschengeschlechts eine ganze Reihe von Beutelthieren annehmen, welche die siebzehnte Stufe unseres Stammbaumes bilden.[158]

Die noch übrigen Stufen unserer Ahnen-Reihe, von der achtzehnten bis zur zweiundzwanzigsten, gehören nun sämmtlich zur Gruppe der Placentalthiere (*Placentalia*). Diese dritte und letzte, höchst entwickelte Abtheilung der Säugethierklasse ist erst in einem beträchtlich späteren Zeitraum auf die Weltbühne getreten. Wir kennen keine einzige Versteinerung aus der ganzen secundären oder mesolithischen Zeit, welche mit Sicherheit auf ein Placentalthier zu beziehen wäre, während wir massenhafte Versteinerungen von Placentalien aus allen Abschnitten der Tertiär-Zeit oder des caenolithischen Zeitalters besitzen. Aus dieser paläontologischen Thatsache dürfen wir wohl vor-

läufig den Schluss ziehen, dass die dritte und letzte Hauptabtheilung der Säugethiere sich erst im Beginne der caenolithischen oder frühestens zu Ende der mesolithischen Zeit (während der Kreide-Periode) aus den Beutelthieren entwickelt hat. Sie erinnern sich aus der früheren Uebersicht der geologischen Formationen und Zeiträume (S. 385 und 391), wie verhältnissmässig kurz dieses ganze tertiäre oder caenolithische Zeitalter war. Wir konnten, auf die Vergleichung der relativen Schichtenmächtigkeit der verschiedenen Formationen gestützt, behaupten, dass dieser ganze Abschnitt, während dessen die placentalen Säugethiere entstanden sind und sich ausbildeten, höchstens gegen drei Procent von der ganzen Länge der organischen Erdgeschichte beträgt (vergl. S. 390).

Sämmtliche Placentalthiere unterscheiden sich von den bisher betrachteten beiden niederen Abtheilungen der Säugethiere, von den Monotremen und Marsupialien, durch eine Anzahl von hervorragenden Eigenthümlichkeiten. Alle diese Charaktere besitzt auch der Mensch, und das ist eine Thatsache von der grössten Bedeutung. Denn wir können auf Grund der genauesten vergleichend-anatomischen und ontogenetischen Untersuchungen den unwiderleglichen Satz aufstellen: »Der Mensch ist in jeder Beziehung ein echtes Placentalthier:« er besitzt alle die Eigenthümlichkeiten im Körperbau und in der Entwickelung, durch welche sich die Placentalien sowohl vor den beiden niederen Abtheilungen der Säugethiere, als auch zugleich vor allen übrigen Thieren auszeichnen. Unter diesen charakteristischen Eigenthümlichkeiten ist besonders die höhere Entwickelung des Gehirns, des Seelen-Organs hervorzuheben. Namentlich entwickelt sich das Vorderhirn oder das Grosshirn bei ihnen bedeutend höher als bei den niederen Thieren. Der Balken oder Schwielenkörper des Grosshirns (*Corpus callosum*), welcher als grosse Querbrücke die beiden Halbkugeln des grossen Gehirns mit einander verbindet, kommt allein bei den Placentalien zu vollständiger Entwickelung; bei den Marsupialien und Monotremen existirt er nur in sehr unbedeutender Anlage. Freilich schliessen sich die niedersten Placentalthiere in der Gehirnbildung noch sehr eng an die Beutelthiere an; aber innerhalb der Placentalien-Gruppe können wir eine ununterbrochene Reihe von stetig fortschreitenden Bildungsstufen des Gehirns verfolgen, die ganz allmählig von jener niederen Stufe bis zu dem höchst entwickelten Seelen-Organ der Affen und des Menschen sich erheben. (Vergl. den XX. Vortrag.) Die Menschen-Seele ist nur eine höher entwickelte Affen-Seele.

Die Milchdrüsen der Placentalien sind gleich jenen der Marsupialien mit entwickelten Zitzen versehen; niemals aber finden wir bei den ersteren den Beutel, in welchem bei den letzteren das unreife Junge getragen und gesäugt wird. Ebenso fehlen den Placentalthieren die Beutelknochen (*Ossa marsupialia*), jene in der Bauchwand versteckten und auf dem vorderen Beckenrand aufsitzenden Knochen, welche die Beutelthiere mit den Monotremen theilen und welche aus theilweiser Verknöcherung der Sehnen des inneren schiefen Bauchmuskels hervorgehen. Nur bei einzelnen Raubthieren finden sich noch unbedeutende Rudimente derselben. Ganz allgemein fehlt den Placentalien auch der hakenförmige Fortsatz des Unterkiefer-Winkels, der die Marsupialien auszeichnet.

Diejenige Eigenthümlichkeit jedoch, welche die Placentalien vor allen anderen charakterisirt, und nach welcher man auch mit Recht die ganze Unterklasse benannt hat, ist die Ausbildung der **Placenta** oder des **Aderkuchens**. Sie erinnern sich, dass wir schon früher gelegentlich von diesem Organe gesprochen haben, als wir die Entwickelung der **Allantois** beim menschlichen Embryo verfolgten (S. 305, 307). Den Harnsack oder die Allantois, jene eigenthümliche Blase, welche aus dem hinteren Theile des Darmcanals hervorwächst, fanden wir anfänglich beim menschlichen Embryo ebenso wie beim Keime aller anderen Amnioten gebildet. (Vergl. Fig. 132—135 S. 305.) Die dünne Wand dieses Sackes besteht aus denselben beiden Blättern oder Häuten, aus welchen die Wand des Darmes selbst besteht: nämlich innen aus dem Darmdrüsenblatte und aussen aus dem Darmfaserblatte. Die Höhle des Harnsackes ist mit einer Flüssigkeit gefüllt: dieser »Urharn« ist wohl grösstentheils das Product der Urnieren. Im Darmfaserblatte der Allantois verlaufen mächtige Blutgefässe, welche die Ernährung und besonders die Athmung des Embryo vermitteln: die **Nabelgefässe** oder Umbilical-Gefässe (S. 320). Bei allen Reptilien und Vögeln entwickelt sich die Allantois zu einem gewaltigen Sack, der den Embryo sammt dem Amnion einschliesst und mit der äusseren Eihaut (dem Chorion) nicht verwächst. Auch bei den Monotremen und Beutelthieren verhält sich die Allantois ähnlich. Nur allein bei der Abtheilung der Placentalthiere entwickelt sich dieselbe zu derjenigen höchst eigenthümlichen und merkwürdigen Bildung, welche man eben *Placenta*, Aderkuchen oder Gefässkuchen nennt. Das Wesen dieser Placentalbildung besteht darin, dass die Aeste der Blutgefässe, welche in der Wand der Allantois verlaufen, in die hohlen Zotten des Chorion hineinwachsen, welche in entsprechende Vertie-

fungen der mütterlichen Uterus-Schleimhaut hineingreifen. Da nun diese letztere ebenfalls reichlich von Blutgefässen durchzogen ist, welche das Blut der Mutter zum Fruchtbehälter hinleiten, und da die Scheidewand zwischen diesen mütterlichen Blutgefässen und jenen kindlichen Gefässen in den Chorion-Zotten bald in hohem Grade verdünnt wird, so entwickelt sich zwischen den beiderlei Gefässen ein unmittelbarer Stoffaustausch, der für die Ernährung des jungen Säugethieres von der grössten Bedeutung ist. Allerdings gehen die mütterlichen Blutgefässe nicht geradezu (durch Anastomose) in die kindlichen Blutgefässe der Chorion-Zotten über, so dass etwa beide Blut-Arten sich einfach vermischten. Aber die Zwischenwand zwischen beiderlei Gefässen wird so sehr verdünnt, dass durch sie hindurch (mittelst Transsudation oder Diosmose) der Austausch der wichtigsten Nahrungsstoffe ohne alle Schwierigkeiten stattfindet. Je grösser bei den Placentalthieren der Embryo wird, je längere Zeit derselbe hier im mütterlichen Fruchtbehälter verweilt, desto mehr wird es nothwendig, besondere Organisations-Einrichtungen für den massenhaften Nahrungsverbrauch desselben zu treffen. In dieser Beziehung besteht ein sehr auffallender Gegensatz zwischen den niederen und den höheren Säugethieren. Bei den Monotremen und Marsupialien, wo der Keim verhältnissmässig kurze Zeit im Fruchtbehälter verweilt, und in sehr unreifem Zustande geboren wird, genügen für seine Ernährung die Circulations-Verhältnisse im Dottersack und in der Allantois, wie wir sie auch bei den Vögeln und Reptilien treffen. Bei den Placentalthieren hingegen, wo die Schwangerschaft sich sehr verlängert, wo der Embryo im mütterlichen Uterus viel längere Zeit hindurch verweilt, und unter dem Schutze der ihn umgebenden Hüllen seine vollständige Ausbildung erreicht, muss nothwendig durch einen neuen Mechanismus eine directe Zufuhr von reichlicherem Nahrungsmaterial vermittelt werden, und das geschieht in ausgezeichneter Weise durch die Entwickelung der Placenta.

Um nun die Bildung dieser Placenta und ihrer wichtigen Modificationen bei den verschiedenen Placentalthieren klar zu verstehen und richtig zu würdigen, müssen wir zunächst nochmals einen Rückblick auf die äusseren Hüllen des Säugethier-Eies werfen. Sie werden sich erinnern, dass die äussere Umhüllung desselben anfänglich (und auch noch während der Eifurchung und der Anlage der Axentheile des Keimes) durch die sogenannte »Zona pellucida« gebildet wurde und durch die dicke Eiweisshülle, welche sich äusserlich um die letztere angelagert hatte (Fig. 19, Fig. 21; *z*, *h*; S. 146). Wir

nannten diese beiden äusseren Hüllen zusammen, die später verschmelzen. Vorhülle oder *Prochorion*. Schon frühzeitig (beim Menschen vielleicht schon in der zweiten Woche der Entwickelung) verschwindet dieses Prochorion, und an seine Stelle tritt die bleibende äussere Eihaut oder das Chorion. Dieses letztere ist aber nichts Anderes als die »seröse Hülle«, deren Entstehung aus dem äusseren Keimblatte der Keimhautblase wir schon früher kennen gelernt haben. (Vergl. S. 321 und Fig. 139, 4, 5, *sh*; S. 309). Anfänglich ist das eine ganz glatte und dünne Membran, welche als geschlossene kugelige Blase das ganze Ei umgiebt und aus einer einzigen Schicht Exoderm-Zellen besteht. Sehr bald aber bedeckt sich das Chorion mit einer Masse kleiner Hervorragungen oder Zotten (Fig. 139, 5, *chz*). Diese greifen in Vertiefungen der Uterus-Schleimhaut hinein und befestigen so das Eichen an der Wand des Fruchtbehälters. Aber sie sind nicht solid, sondern hohle Ausstülpungen, Handschuhfingern ähnlich. Gleich dem ganzen Chorion bestehen auch die hohlen Zotten desselben aus einer dünnen Zellenlage, welche der Hornplatte angehört. Sehr rasch erreichen sie eine ausserordentliche Entwickelung, indem sie kräftig wachsen und sich verästeln. Ueberall sprossen dazwischen neue Zotten aus der serösen Hülle hervor, und so ist bald (beim menschlichen Embryo schon in der dritten Woche) die ganze äussere Oberfläche des Eies mit einem dichten Walde der zierlichsten Zotten bekleidet (Fig. 134, S. 304).

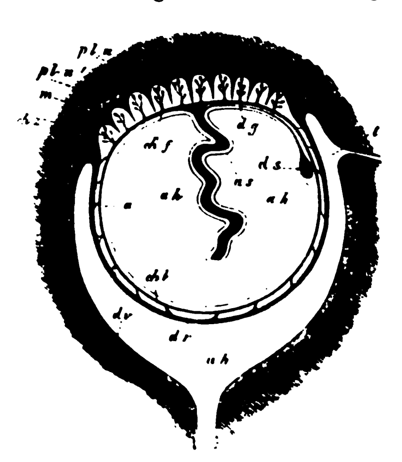


Fig. 198.

In diese hohlen Zotten wachsen nun von innen her verästelte Blutgefässe hinein, welche vom Darmfaserblatte der Allantois stammen, und welche das kindliche Blut durch die Nabelgefässe zuge-

Fig. 198. Eihüllen des menschlichen Embryo (schematisch). *m* die dicke fleischige Wand des Fruchtbehälters (Uterus oder Gebärmutter). *plu* Placenta (deren innere Schicht *plu'* mit Fortsätzen zwischen die Chorion-Zotten *chz* hineingreift). *chf* zottiges, *chl* glattes Chorion). *a* Amnion. *ah* Amnionhöhle. *as* Amnionscheide des Nabelstranges (der unten in den Nabel des hier nicht dargestellten Embryo übergeht). *dg* Dottergang. *ds* Dottersack. *dv*, *dr* Decidua (*dv* wahre, *dr* falsche Decidua). Die Uterushöhle (*uh*) öffnet sich unten in die Scheide, oben rechts in einen Eileiter (*t*). (Nach KÖLLIKER).

führt erhalten (Fig. 198 *chz*). Auf der anderen Seite entwickeln sich dichte Blutgefäss-Netze in der Schleimhaut, welche die Innenfläche des mütterlichen Fruchtbehälters oder Uterus auskleidet, vorzugsweise in der Umgebung der Vertiefungen, in welche die Chorion-Zotten hineinragen (*plu*). Diese Adernetze erhalten mütterliches Blut durch die Uterus-Gefässe zugeführt. Die Gesammtheit nun dieser beiderlei Gefässe, welche hier in die innigste Wechselwirkung treten, sammt dem verbindenden und umhüllenden Bindegewebe, heisst der Aderkuchen oder Gefässkuchen (*Placenta*). Eigentlich ist demnach die Placenta aus zwei ganz verschiedenen, obwohl innig verbundenen Theilen zusammengesetzt: innen aus dem Fruchtkuchen oder dem kindlichen Gefässkuchen (*Placenta foetalis*, Fig. 198 *chz*), aussen aus dem Mutterkuchen oder dem mütterlichen Gefässkuchen (*Placenta uterina*, Fig. 198 *plu*). Letzterer wird von der Uterus-Schleimhaut und deren Blutgefässen, ersterer von dem secundären Chorion und den Nabelgefässen des Embryo gebildet.

Die Art und Weise nun, in welcher diese beiderlei Gefässkuchen sich zur Placenta verbinden, sowie die Structur, Form und Grösse der letzteren sind bei den verschiedenen Placentalthieren sehr verschieden und liefern uns sehr werthvolle Anhaltepunkte zur natürlichen Classification und demgemäss auch zur Stammesgeschichte dieser ganzen Unterklasse. Auf Grund dieser Unterschiede zerfällen wir dieselbe zunächst in zwei Hauptabtheilungen: die niederen Placentalthiere, welche als *Indecidua*, und die höheren Placentalthiere, welche als *Deciduata* bezeichnet werden.

Zu den Indeciduen oder den niederen Placentalien gehören zwei sehr umfangreiche und wichtige Säugethier-Gruppen: erstens die Hufthiere (*Ungulata*): die Tapire, Pferde, Schweine, Wiederkäuer u. s. w.; und zweitens die Walthiere (*Cetomorpha*): die Seerinder, Borkenthiere, Delphine, Walfische u. s. w. Bei allen diesen Indeciduen bleiben die Chorion-Zotten auf der ganzen Oberfläche des Chorion (oder auf dem grössten Theile derselben) zerstreut (einzeln oder büschelweise gruppirt). Ihre Verbindung mit der Uterus-Schleimhaut ist nur ganz locker, so dass man ohne Gewalt und mit Leichtigkeit die ganze äussere Eihaut sammt ihren Zotten aus den Vertiefungen der Uterus-Schleimhaut herausziehen kann, wie die Hand aus dem Handschuh. Es findet an keinem Theile der Berührungsfläche eine wahre Verwachsung der beiderlei Gefässkuchen statt. Daher wird bei der Geburt der Fruchtkuchen (die *Placenta foetalis*) allein entfernt; der Mutterkuchen (die *Placenta uterina*) wird nicht mit aus-

gestossen. Ueberhaupt ist die Schleimhaut des schwangeren Uterus nur wenig verändert und erleidet bei der Geburt keinen directen Substanz-Verlust.

Ganz anders ist die Bildung der Placenta bei der zweiten und höheren Abtheilung der Placentalthiere, bei den Deciduaten. Zu dieser umfangreichen und höchst entwickelten Säugethiergruppe gehören die sämmtlichen Raubthiere und Insectenfresser, die Nagethiere und Elephanten, die Scharrthiere und Faulthiere, die Fledermäuse und Halbaffen, endlich die Affen und der Mensch. Bei allen diesen Deciduaten ist zwar anfänglich auch die ganze Oberfläche des Chorion dicht mit Zotten bedeckt. Später aber verschwinden dieselben auf einem Theile der Oberfläche, während sie sich auf dem anderen Theile derselben nur um so stärker entwickeln. So entsteht eine Sonderung zwischen der glatten Eihaut (*Chorion laeve*, Fig. 198 *chl*) und der dichtzottigen Eihaut (*Chorion frondosum*, Fig. 198 *chf*). Erstere besitzt nur schwache und spärlich zerstreute oder gar keine Zotten mehr, während letztere mit sehr stark entwickelten und grossen Zotten dicht bedeckt ist; diese letztere allein bildet bei den Deciduaten die Placenta.

Noch bezeichnender aber für die Deciduaten ist die ganz eigenthümliche und höchst innige Verbindung, welche hier zwischem dem Chorion frondosum und der betreffenden Stelle der Uterus-Schleimhaut sich entwickelt, und welche als eine wahre Verwachsung angesehen werden muss. Die blutgefässhaltigen Zotten des Chorion wachsen mit ihren Aesten so in das blutreiche Gewebe der Uterus-Schleimhaut hinein und die beiderlei Gefässe treten hier in so innige Berührung und Durchschlingung, dass man den Fruchtkuchen gar nicht mehr vom Mutterkuchen trennen kann, beide vielmehr ein einheitliches Ganzes, eine compacte, scheinbar einfache, kuchenförmige Placenta bilden. In Folge dieser innigen Verwachsung wird bei der Geburt ein ganzes Stück der mütterlichen Uterus-Schleimhaut zugleich mit den fest daran haftenden Eihüllen entfernt. Dieses bei der Geburt sich abtrennende Stück des mütterlichen Körpers nennen wir wegen seiner Abfälligkeit die abfällige oder hinfällige Haut, oder kurz Hinfallhaut (*Decidua*). Weil dieselbe siebartig, fein durchlöchert erscheint, wird sie oft auch Siebhaut genannt. Alle höheren Placentalthiere, die eine solche Decidua besitzen, fasst man eben desshalb unter dem bezeichnenden Namen Deciduata zusammen. Mit der Abtrennung der Siebhaut bei der Geburt ist natürlich auch ein mehr oder minder beträchtlicher Blutverlust der Mutter verbunden,

der bei den Indecidnen nicht stattfindet. Auch muss bei den Deciduaten nach der Geburt der verloren gegangene Theil der Uterus-Schleimhaut durch Neubildung ersetzt werden.

Nun ist aber in der umfangreichen Gruppe der Deciduaten die Bildung der Placenta und der Decidua keineswegs überall dieselbe. Vielmehr finden in dieser Beziehung wieder mancherlei wichtige Verschiedenheiten statt, welche mit anderen bedeutenden Organisations-Charakteren (z. B. der Bildung des Gehirns, des Gebisses, der Füsse) theilweise zusammenfallen, und daher mit gutem Grunde von uns für die phylogenetische Classification der Placentalthiere verwerthet werden. Zunächst können wir nach der Form der Placenta zwei grössere Gruppen unter den Deciduaten unterscheiden; bei der einen Gruppe ist dieselbe ringförmig oder gürtelförmig, bei der anderen scheibenförmig oder kuchenförmig. Bei den Deciduaten mit gürtelförmiger Placenta (*Zonoplacentalia*) bleiben bloss die beiden Pole des länglich-runden Eies von der Placentalbildung frei. Der Gefässkuchen erscheint als ein breiter geschlossener Gürtel, welcher die ganze mittlere Zone des Eies einnimmt. Das ist der Fall bei den Raubthieren (*Carnassia*), sowohl bei den Landraubthieren (*Carnivora*) als bei den Seeraubthieren oder Robben (*Pinnipedia*). Eine gleiche gürtelförmige Placenta besitzen auch die Scheinhufer (*Chelophora*): Elephant, Hyrax und Verwandte, die man früher zu den Hufthieren rechnete. Alle diese Zonoplacentalien gehören einem oder mehreren Seiten-Zweigen der Deciduaten an, die zu dem Menschen in keiner näheren Beziehung stehen.

Die zweite und höchst entwickelte Gruppe bilden die Deciduaten mit scheibenförmiger Placenta (*Discoplacentalia*): Die Placentalbildung ist hier am meisten localisirt und am höchsten entwickelt. Die Placenta bildet einen dicken schwammigen Kuchen, der meistens die Gestalt einer kreisrunden oder länglich-runden Scheibe hat und nur an einer Seite der Uterus-Wand anhaftet. Der grössere Theil der kindlichen Eihaut ist hier demnach glatt, ohne entwickelte Zotten. Zu diesen Discoplacentalien gehören die Halbaffen und Insectenfresser, die Scharrthiere und Faulthiere, die Nagethiere und Fledermäuse, die Affen und der Mensch. Aus vergleichend anatomischen Gründen dürfen wir schliessen, dass unter diesen verschiedenen Ordnungen die Halbaffen die Stammgruppe bilden, aus welcher sich die übrigen Discoplacentalien, vielleicht sogar sämmtliche Deciduaten als divergirende Zweige entwickelt haben. (Vergl. die XXIII. und XXIV. Tabelle.)

Die Halbaffen (*Prosimiae*) sind in der Gegenwart nur noch durch sehr wenige Formen vertreten. Diese bieten aber ein hohes Interesse dar und sind als die letzten überlebenden Reste einer vormals formenreichen Gruppe zu betrachten. Diese Gruppe ist jedenfalls uralt und spielte wahrscheinlich in der Eocaen-Zeit eine sehr bedeutende Rolle. Ihre gegenwärtig noch lebenden kümmerlichen Epigonen sind weit über den südlichen Theil der alten Welt zerstreut. Die meisten Arten leben auf Madagascar, einige auf den Sunda-Inseln, einige auf dem Festlande von Asien und von Afrika. In Europa, Amerika und Neuholland sind weder lebende noch fossile Halbaffen gefunden worden. [159]) Unter sich sind diese weit zerstreuten Epigonen sehr verschieden. Einige schliessen sich, wie es scheint, nahe an die Beutelthiere besonders die Beutelratten an. Andere (*Macrotarsi*) stehen den Insectenfressern, noch andere *Chiromys* den Nagethieren sehr nahe. Eine Gattung *Galeopithecus* bildet den unmittelbaren Uebergang zu den Fledermäusen. Einige Halbaffen endlich (*Brachytarsi*) schliessen sich eng an die echten Affen an. Unter diesen letzteren giebt es auch einige schwanzlose Formen (z. B. den Lori, *Stenops*,



Fig. 199.

Fig. 199. Der schlanke Lori (*Stenops gracilis*) von Ceylon.

Fig. 199). Aus diesen sehr interessanten und wichtigen Beziehungen der Halbaffen zu den verschiedenen Ordnungen der Discoplacentalien dürfen wir wohl den Schluss ziehen, dass sie unter den heute noch lebenden Vertretern dieser Gruppe diejenigen sind, welche der gemeinsamen uralten Stammform am nächsten standen. Unter den directen gemeinsamen Vorfahren der Affen und des Menschen werden sich Deciduaten befunden haben, welche wir in die Ordnung der Halbaffen einstellen würden, wenn wir sie heute lebend vor uns sähen. Wir dürfen demnach diese Ordnung als eine besondere Stufe, und zwar im Anschluss an die Beutelthiere als die achtzehnte Stufe unseres menschlichen Stammbaumes aufführen. Wahrscheinlich werden unsere Halbaffen-Ahnen den heutigen Brachytarsiern oder Lemuren (*Lemur*, *Lichanotus*, *Stenops*) nahe gestanden und gleich ihnen eine stille und beschauliche Lebensweise, auf Bäumen kletternd, geführt haben. Die heute noch lebenden Halbaffen sind meistens nächtliche Thiere von sanftem melancholischen Temperamente, und nähren sich von Früchten.

An die Halbaffen-Ahnen schliessen sich nun unmittelbar als neunzehnte Ahnen-Stufe des Menschen-Geschlechts die echten Affen (*Simiae*) an. Es unterliegt schon seit langer Zeit nicht dem geringsten Zweifel mehr, dass unter allen Thieren die Affen diejenigen sind, welche dem Menschen in jeder Beziehung am nächsten stehen. Wie sich einerseits die niedersten Affen eng an die Halbaffen, so schliessen sich anderseits die höchsten Affen unmittelbar an den Menschen an. Wir können sogar, wenn wir die vergleichende Anatomie der Affen und des Menschen sorgfältig durchgehen, einen stufenweisen und ununterbrochenen Fortschritt in der Affen-Organisation bis zur rein menschlichen Bildung hin verfolgen, und wir gelangen dann bei unbefangener Prüfung dieser in neuester Zeit mit so leidenschaftlichem Interesse behandelten »Affenfrage« unfehlbar zu dem wichtigen, zuerst von HUXLEY ausführlich begründeten Satze: »Wir mögen ein System von Organen vornehmen, welches wir wollen, die Vergleichung ihrer Modificationen in der Affenreihe führt uns zu einem und demselben Resultate: dass die anatomischen Verschiedenheiten, welche den Menschen vom Gorilla und Schimpanse scheiden, nicht so gross sind als die, welche den Gorilla von den niedrigeren Affen trennen.« In die Sprache der Phylogenie übersetzt ist dieses folgenschwere, von HUXLEY meisterhaft begründete Gesetz aber gleichbedeutend mit dem populären Satze: »Der Mensch stammt vom Affen ab.«

zeichnen kann. Die äussere oder wahre Siebhaut (*Decidua externa* s. *vera*, Fig. 198 *dv*, Fig. 200 *g*) ist derjenige Theil der Uterus-Schleimhaut, welcher die innere Fläche der Gebärmutterhöhle überall da auskleidet, wo die letztere nicht mit der Placenta zusammenhängt. Die placentale oder schwammige Siebhaut (*Decidua placentalis* s. *serotina*, Fig. 198 *plu*, Fig. 200 *d*) ist weiter Nichts als der Mutterkuchen selbst oder der mütterliche Theil des Gefässkuchens (*Placenta uterina*), nämlich derjenige Theil der Uterus-Schleimhaut, welcher auf das Innigste mit den Chorionzotten des Fruchtkuchens

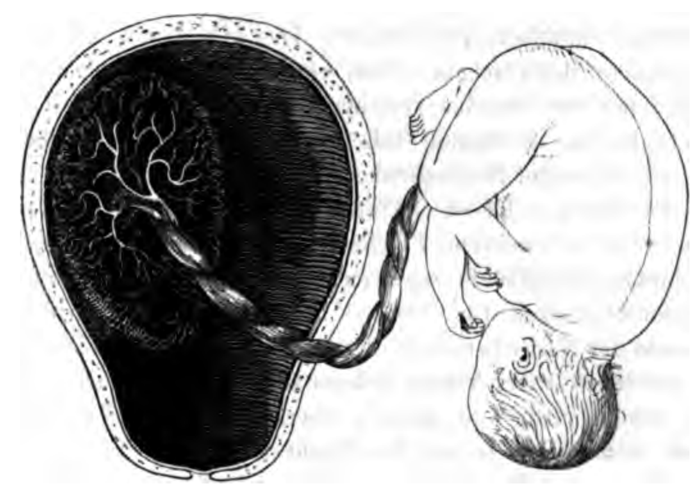


Fig. 201.

(*Placenta foetalis*) verwächst. Die innere oder falsche Siebhaut endlich (*Decidua interna* s. *reflexa*, Fig. 198 *dr*, Fig. 200 *f*) ist derjenige Theil der Uterus-Schleimhaut, welcher als eine besondere dünne Hülle den übrigen Theil der Ei-Oberfläche, die zottenlose glatte Eihaut (*Chorion laeve*) eng anliegend umschliesst. Der Ursprung dieser drei verschiedenen Hinfallhäute, über den man früher ganz falsche (noch jetzt in der Benennung erhaltene) Vorstellungen hatte, liegt klar vor Augen: Die äussere *Decidua vera* ist die eigenthümlich umgewandelte und später abfallende oberflächliche Schicht der ursprünglichen Schleimhaut des Fruchtbehälters. Die placentale

Fig. 201. Reifer Menschenkeim (am Ende der Schwangerschaft in seiner natürlichen Lage, aus der Höhle des Fruchtbehälters herausgenommen). An der Innenfläche des letzteren (links) die Placenta, welche durch den Nabelstrang mit dem Nabel des Kindes zusammenhängt. (Nach Bernhard Schultze).

Decidua serotina ist derjenige Theil der vorigen, welcher durch das Hineinwachsen der Chorion-Zotten ganz umgestaltet und zur Placentalbildung verwendet wird. Die innere *Decidua reflexa* endlich entsteht dadurch, dass eine ringförmige Falte der Schleimhaut (an der Grenze von *D. vera* und *D. serotina*) sich erhebt und über dem Eie (nach Art des Amnion) bis zum Verschlusse zusammenwächst. [160])

Die eigenthümlichen anatomischen Verhältnisse, durch welche die menschlichen Eihäute sich auszeichnen, finden sich ganz in derselben Weise nur bei den Affen wieder. Die übrigen Discoplacentalien zeigen mehr oder weniger beträchtliche Verschiedenheiten, und zwar meistens einfachere Verhältnisse. Das gilt namentlich von der feineren Structur der Placenta selbst, von der Verwachsung der Chorion-Zotten mit der Decidua serotina. Die reife menschliche Placenta ist eine kreisrunde (seltener länglich runde) Scheibe von weicher, schwammiger Beschaffenheit, 6—8 Zoll Durchmesser, ungefähr ein Zoll Dicke und 1—1$\frac{1}{2}$ Pfund Gewicht. Ihre convexe äussere (mit dem Uterus verwachsene) Fläche ist sehr uneben und zottig. Ihre concave innere (der Eihöhle zugewendete) Fläche ist ganz glatt und vom Amnion überzogen (Fig. 198 *a*). Nahe der Mitte entspringt aus der Placenta der Nabelstrang (*Funiculus umbilicalis*), dessen Entstehung wir schon früher kennen gelernt haben (S. 308). Derselbe ist ebenfalls scheidenartig vom Amnion überzogen, welches an seinem Nabelende unmittelbar in die Bauchhaut übergeht (Fig. 200, 201). Der reife Nabelstrang ist ein cylindrischer, spiralig um seine Axe gedrehter Strick, meistens ungefähr 20 Zoll lang und einen halben Zoll dick. Er besteht aus einem gallertigen Bindegewebe (der »Wharton-schen Sulze«), in welchem sich die Reste der Dottergefässe, sowie die mächtigen Nabelgefässe befinden: die beiden Nabel-Arterien, welche das Blut des Embryo in die Placenta führen, und die starke Nabelvene, welche das Blut aus der letzteren zum Herzen zurückführt. Die zahllosen feinen Aeste dieser kindlichen Nabelgefässe treten in die verästelten Chorion-Zotten der foetalen Placenta ein und wachsen schliesslich mit diesen auf höchst eigenthümliche Weise in weite bluterfüllte Hohlräume hinein, welche in der uterinen Placenta sich ausbreiten und mütterliches Blut enthalten. Die sehr verwickelten und schwierig zu erkennenden anatomischen Beziehungen, welche sich hier zwischen der kindlichen und mütterlichen Placenta entwickeln, finden sich in dieser Weise nur beim Menschen und bei den höheren Affen vor, während sie sich bei allen anderen Deciduaten mehr oder weniger verschieden gestalten. Auch der Nabelstrang ist beim Men-

schen und bei den Affen verhältnissmässig länger als bei allen übrigen Säugethieren.

Wie in diesen wichtigen Eigenthümlichkeiten, so stellt sich der Mensch auch in jeder anderen morphologischen Beziehung als Mitglied der Affenordnung dar und lässt sich nicht von derselben trennen. Schon der grosse Begründer der systematischen Naturbeschreibung, der berühmte CARL LINNÉ, vereinigte mit prophetischem Scharfblicke in einer einzigen natürlichen Abtheilung, die er Primaten, d. h. die Ersten, die Oberherren des Thierreichs nannte, den Menschen, die Affen, die Halbaffen und die Fledermäuse. Spätere Naturforscher lösten diese Primaten-Ordnung auf. Zuerst begründete der Göttinger Anatom BLUMENBACH für den Menschen eine besondere Ordnung, welche er Zweihänder (*Bimana*) nannte; in einer zweiten Ordnung vereinigte er Affen und Halbaffen unter dem Namen Vierhänder (*Quadrumana*), und eine dritte Ordnung bildeten die entfernter verwandten Fledermäuse (*Chiroptera*). Die Trennung der Zweihänder und Vierhänder wurde von CUVIER und den meisten folgenden Zoologen beibehalten. Sie erscheint principiell wichtig, ist aber in der That völlig unberechtigt. Das wurde zuerst im Jahre 1863 von dem berühmten englischen Zoologen HUXLEY nachgewiesen. Gestützt auf sehr genaue, vergleichend-anatomische Untersuchungen führte derselbe den Beweis, dass die Affen eben so gut Zweihänder sind als der Mensch, oder wenn man die Sache umkehren will, dass der Mensch eben so gut ein Vierhänder ist als die Affen. HUXLEY zeigte nämlich mit überzeugender Klarheit, dass die Begriffe der Hand und des Fusses bis dahin falsch aufgefasst und in unrichtiger Weise auf physiologische, statt auf morphologische Unterscheidungen gegründet worden seien. Der Umstand, dass wir an unserer Hand den Daumen den übrigen vier Fingern entgegensetzen und damit greifen können, schien vorzugsweise die Hand gegenüber dem Fusse zu charakterisiren, bei dem die entsprechende grosse Zehe nicht in dieser Weise den vier anderen Zehen gegenüber gestellt werden kann. Die Affen hingegen können eben so gut mit dem Hinterfusse, wie mit dem Vorderfusse ihre Greifbewegungen ausführen und wurden deshalb als Vierhänder angesehen. Allein auch viele Stämme unter den niederen Menschenrassen, besonders viele Negerstämme, benutzen ihren Fuss in derselben Weise als Hand. In Folge frühzeitiger Angewöhnung und fortgesetzter Uebung können sie mit dem Fusse ebenso gut greifen (z. B. beim Klettern Baumzweige umfassen) wie mit der Hand. Aber selbst neugeborene Kinder unserer eigenen Rasse können mit

der grossen Zehe noch recht kräftig greifen und mittelst derselben einen hingereichten Löffel noch eben so fest wie mit der Hand fassen. Jene physiologische Unterscheidung von Hand und Fuss ist also weder streng durchzuführen, noch wissenschaftlich zu begründen. Vielmehr müssen wir uns dazu morphologischer Charaktere bedienen.

Eine solche scharfe morphologische, d. h. auf den anatomischen Bau gegründete Unterscheidung von Hand und Fuss, von vorderen und hinteren Gliedmaassen ist nun aber in der That möglich. Sowohl in der Bildung des Knochen-Skeletes, als in der Bildung der Muskeln, welche vorn und hinten an Hand und Fuss sich ansetzen, existiren wesentliche und constante Unterschiede; und diese finden wir beim Menschen gerade so wie bei den Affen vor. Wesentlich verschieden ist namentlich die Anordnung und Zahl der Handwurzelknochen und der Fusswurzelknochen. Ebenso constante Verschiedenheiten bietet die Muskulatur dar. Die hintere Extremität besitzt beständig drei Muskeln (einen kurzen Beugemuskel, einen kurzen Streckmuskel und einen langen Wadenbeinmuskel), welche an der vorderen Extremität niemals vorkommen. Auch die Anordnung der Muskeln ist vorn und hinten verschieden. Diese charakteristischen Unterschiede der vorderen und der hinteren Extremitäten finden sich ganz ebenso beim Menschen wie bei den Affen vor. Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, dass der Fuss der Affen diese Bezeichnung eben so gut verdient, wie derjenige des Menschen: und dass alle echten Affen eben so gut echte »Zweihänder« oder *Bimana* sind, wie der Mensch. Die gebräuchliche Unterscheidung der Affen als Vierhänder oder *Quadrumana* ist mithin völlig unberechtigt.

Es könnte aber nun die Frage entstehen, ob nicht. hiervon ganz abgesehen, andere Merkmale aufzufinden seien, durch welche sich der Mensch von dem Affen in höherem Grade unterscheidet, als die verschiedenen Affenarten unter sich verschieden sind. Diese wichtige Frage hat HUXLEY in so überzeugender Weise endgültig verneinend beantwortet, dass die jetzt noch von vielen Seiten gegen ihn erhobene Opposition als völlig unbegründet und wirkungslos betrachtet werden muss. HUXLEY führte auf Grund der genauesten vergleichend-anatomischen Untersuchung sämmtlicher Körpertheile den folgenschweren Beweis, dass in jeder anatomischen Beziehung die Unterschiede zwischen den höchsten und niedersten Affen grösser sind als die betreffenden Unterschiede zwischen den höchsten Affen und dem Menschen. Er restituirt demnach LINNÉ's Ordnung der Primaten nach Aus-

schluss der Fledermäuse) und theilt diese Ordnung in drei verschiedene Unterordnungen, von denen die erste durch die Halbaffen (*Lemuridae*), die zweite durch die echten Affen (*Simiadae*) und die dritte durch den Menschen (*Anthropidae*) gebildet wird.[161])

Wenn wir jedoch ganz consequent und vorurtheilsfrei nach den Gesetzen der systematischen Logik verfahren wollen, so können wir, auf HUXLEY's eigenes Gesetz gestützt, diese Eintheilung nicht genügend finden und müssen vielmehr bedeutend weiter gehen. Wie ich zuerst 1866 bei Behandlung derselben Frage in der »generellen Morphologie« gezeigt habe, sind wir vollkommen berechtigt, mindestens noch einen wesentlichen Schritt weiter zu thun, und dem Menschen seine natürliche Stellung innerhalb einer der Abtheilungen der Affen-Ordnung anzuweisen. Alle die charakteristischen Eigenthümlichkeiten, welche diese eine Affen-Abtheilung auszeichnen, kommen auch dem Menschen zu, während sie den übrigen Affen fehlen. Demnach sind wir nicht berechtigt, für den Menschen eine besondere, von den echten Affen verschiedene Ordnung zu begründen.

Schon seit langer Zeit hat man die Ordnung der echten Affen (*Simiae*), nach Ausschluss der Halbaffen, in zwei natürliche Hauptgruppen eingetheilt, welche unter Anderem auch durch ihre geographische Verbreitung sehr ausgezeichnet sind. Die eine Abtheilung (*Hesperopitheci* oder Westaffen) lebt in der neuen Welt, in Amerika. Die andere Gruppe, zu welcher auch der Mensch gehört, sind die *Heopitheci* oder Ostaffen; sie leben in der alten Welt, in Asien, Africa und früher auch in Europa. Alle Affen der alten Welt, alle Heopitheken, stimmen mit dem Menschen in allen jenen Charakteren überein, welche in der zoologischen Systematik für die Unterscheidung dieser beiden Affen-Gruppen mit Recht in erster Linie benutzt werden, vor Allem in der Bildung des Gebisses. Sie werden hier gleich den Einwand machen, dass das Gebiss ein physiologisch viel zu untergeordneter Körpertheil sei, als dass man auf dessen Bildung in einer so wichtigen Frage einen so grossen Werth legen dürfe. Allein diese hervorragende Berücksichtigung der Zahnbildung hat ihren guten Grund; und es geschieht mit vollem Fug und Recht, dass die systematischen Zoologen schon seit mehr als einem Jahrhundert die Bildung des Gebisses bei der systematischen Unterscheidung und Anordnung der Säugethier-Ordnungen ganz vorzugsweise betonen. Die Zahl, Form und Anordnung der Zähne vererbt sich nämlich viel strenger innerhalb der einzelnen Ordnungen der Säugethiere, als es bei den meisten anderen zoologischen Charakteren der Fall ist. Die

Bildung des Gebisses beim Menschen ist Ihnen bekannt. Wir haben im ausgebildeten Zustande 32 Zähne in unseren Kiefern, und von diesen 32 Zähnen sind 8 Schneidezähne, 4 Eckzähne und 20 Backzähne. Die acht Schneidezähne (*Dentes incisivi*), welche in der Mitte der Kiefer stehen, zeigen oben und unten charakteristische Verschiedenheiten. Im Oberkiefer sind die inneren Schneidezähne grösser als die äusseren; im Unterkiefer sind umgekehrt die inneren Schneidezähne kleiner als die äusseren. Auf diese folgt jederseits oben und unten ein Eckzahn, welcher grösser ist als die Schneidezähne, der sogenannte Augenzahn oder Hundszahn (*Dens caninus*). Bisweilen springt derselbe auch beim Menschen, wie bei den meisten Affen und vielen anderen Säugethieren, stark hervor und bildet eine Art Hauer. Nach aussen von diesem endlich folgen jederseits oben und unten fünf Backenzähne (*Dentes molares*), von denen die beiden vorderen klein, nur mit einer Wurzel versehen und dem Zahnwechsel unterworfen sind (sogenannte »Lückenzähne«), während die drei hinteren viel grösser, mit zwei Wurzeln versehen sind und erst nach dem Zahnwechsel auftreten (sogenannte »Mahlzähne«). Genau dieselbe Bildung des menschlichen Gebisses besitzen die Affen der alten Welt: alle Affen, welche wir bis jetzt lebend oder fossil in Asien. Afrika und Europa gefunden haben. Alle Affen der neuen Welt dagegen, alle amerikanischen Affen, besitzen noch einen Zahn in jeder Kieferhälfte mehr, und zwar einen Lückenzahn. Sie haben demnach jederseits oben und unten 6 Backzähne. und im Ganzen 36 Zähne. Dieser charakteristische Unterschied zwischen den Ostaffen und Westaffen hat sich so constant innerhalb der beiden Gruppen vererbt. dass er uns von grösstem Werthe ist. Allerdings scheint eine kleine Familie von südamerikanischen Affen hier eine Ausnahme zu machen. Die kleinen niedlichen Seidenäffchen nämlich (*Hapalida*), wozu das Löwenäffchen (*Midas*) und das Pinseläffchen (*Jacchus*) gehören, besitzen nur fünf Backzähne in jeder Kieferhälfte (statt sechs) und scheinen demnach vielmehr den Ostaffen zu gleichen. Allein bei genauerer Besichtigung zeigt sich, dass sie drei Lückenzähne haben. gleich allen Westaffen, und dass nur der hinterste Mahlzahn verloren gegangen ist. Diese scheinbare Ausnahme bestätigt demnach nur den Werth jener Unterscheidung.

Unter den übrigen Merkmalen. durch welche sich die beiden Hauptgruppen der Affen unterscheiden, ist von besonderer Bedeutung und am meisten hervortretend die Bildung der Nase. Alle Affen der alten Welt haben dieselbe Bildung der Nase wie der Mensch; nämlich

eine verhältnissmässig schmale Scheidewand der beiden Nasenhälften, so dass die Nasenlöcher nach unten stehen. Bei einzelnen Ost-Affen ist sogar die Nase so stark hervorspringend und so charakteristisch geformt wie beim Menschen. Wir haben in dieser Beziehung schon früher den merkwürdigen Nasenaffen hervorgehoben, der eine schön gebogene lange Nase besitzt (Fig. 202). Die meisten Ost-Affen haben freilich eine etwas plattere Nase, so z. B. die weissnasige Meerkatze (Fig. 203); doch bleibt bei allen die Nasenscheidewand



Fig. 202.

Fig. 203.

schmal und dünn. Alle amerikanischen Affen hingegen besitzen eine andere Nasenbildung. Die Nasenscheidewand ist hier nämlich unten eigenthümlich verbreitert und verdickt, die Nasenflügel sind nicht entwickelt, und in Folge dessen kommen die Nasenlöcher nicht nach unten, sondern nach aussen zu stehen. Auch dieser charakteristische Unterschied in der Nasenbildung vererbt sich in beiden Gruppen so streng, dass man die Affen der neuen Welt desshalb Plattnasen (*Platyrhinae*), die Affen der alten Welt hingegen Schmalnasen (*Catarhinae*) genannt hat. Die ersteren sind durchschnittlich niedriger organisirt als die letzteren.

Die Eintheilung der Affen-Ordnung in die beiden Unterordnungen der Platyrhinen und Catarhinen ist auf Grund der angeführten streng erblichen Charaktere jetzt allgemein von den Zoologen angenommen

Fig. 202. Kopf des Nasenaffen (*Semnopithecus nasicus*).
Fig. 203. Die weisse Meerkatze (*Cercopithecus petaurista*).

und erhält durch die geographische Vertheilung der beiden Gruppen auf die neue und alte Welt eine starke Stütze. Für die Phylogenie der Affen folgt daraus aber unmittelbar der wichtige Schluss, dass von der uralten gemeinsamen Stammform der Affen-Ordnung schon sehr frühzeitig zwei divergirende Linien ausgegangen sind, von denen sich die eine über die neue, die andere über die alte Welt verbreitet hat. Ganz unzweifelhaft sind auf der einen Seite alle Platyrhinen Nachkommen einer gemeinsamen Stammform und ebenso auf der anderen Seite alle Catarhinen.

Was folgt nun hieraus für unseren eigenen Stammbaum? Der Mensch besitzt genau dieselben Charaktere, dieselbe eigenthümliche Bildung des Gebisses und der Nase, wie alle Catarhinen, und unterscheidet sich dadurch ebenso durchgreifend von allen Platyrhinen. Wir sind demnach gezwungen, im System der Primaten dem Menschen seine Stellung in der Catarhinen-Gruppe zuzuweisen. Für unsere Stammesgeschichte aber geht daraus hervor, dass der Mensch in directer Blutsverwandtschaft zu den Affen der alten Welt steht, und mit allen übrigen Catarhinen von einer und derselben gemeinsamen Stammform abzuleiten ist. Der Mensch ist in seiner ganzen Organisation und nach seinem Ursprunge ein echter Catarhinen-Affe, und ist innerhalb der alten Welt aus einer unbekannten ausgestorbenen Catarhinen-Form entstanden. Hingegen bilden die Affen der neuen Welt oder die Platyrhinen einen divergirenden Zweig unseres Stammbaums, welcher zum Menschengeschlechte selbst in keinen näheren genealogischen Beziehungen steht.

Wir haben demnach jetzt unseren nächsten Verwandtschafts-Kreis auf die kleine und verhältnissmässig wenig formenreiche Thiergruppe reducirt, welche durch die Unterordnung der Catarhinen oder Ostaffen dargestellt wird. Es würde also schliesslich noch die Frage zu beantworten sein, welche Stellung dem Menschen innerhalb dieser Unterordnung zukommt, und ob sich aus dieser Stellung noch weitere Schlüsse auf die Bildung unserer unmittelbaren Vorfahren ziehen lassen? Für die Beantwortung dieser wichtigen Frage sind die umfassenden und scharfsinnigen Untersuchungen von höchstem Werthe, welche HUXLEY in den angeführten »Zeugnissen für die Stellung des Menschen in der Natur« über die vergleichende Anatomie des Menschen und der verschiedenen Catarhinen angestellt hat. Es ergiebt sich daraus unzweifelhaft, dass die Unterschiede des Menschen und der höchsten Catarhinen (Gorilla, Schimpanse, Orang) in jeder Beziehung geringer sind als die betreffenden Unterschiede der höchsten

und der niedersten Catarhinen (Meerkatze, Makako, Pavian). Ja sogar innerhalb der kleinen Gruppe der schwanzlosen Menschenaffen

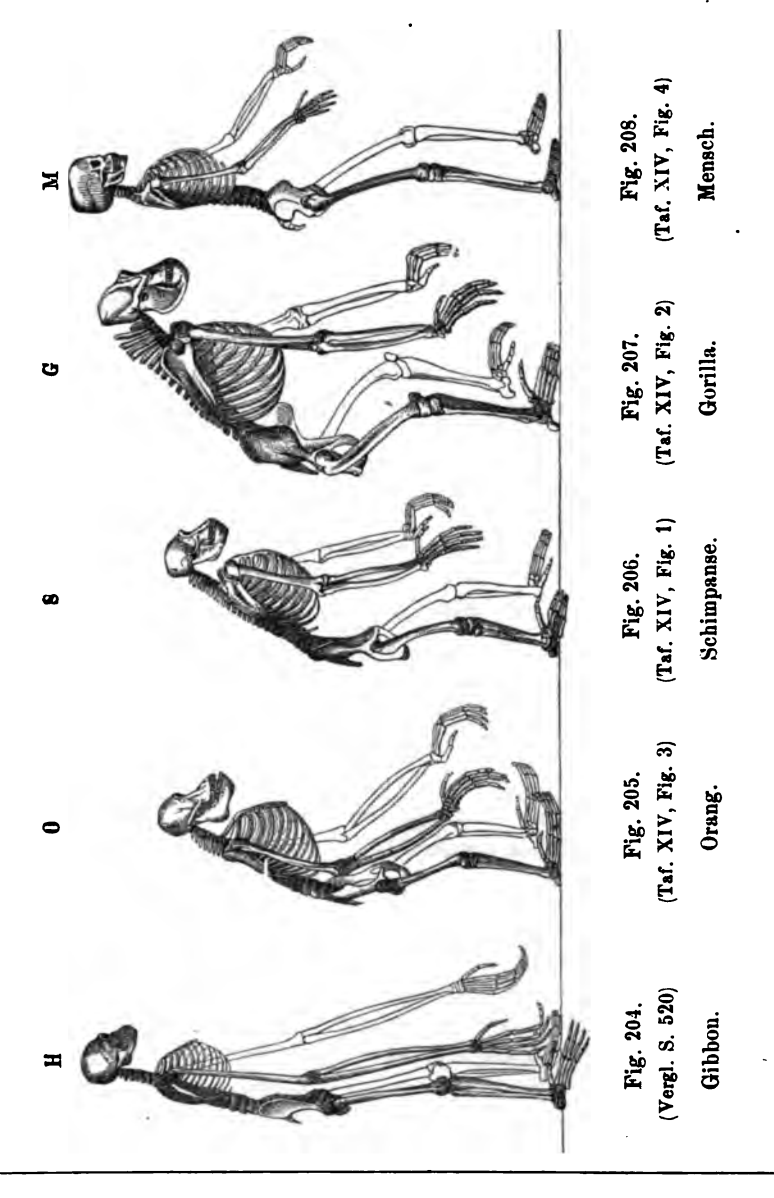


Fig. 204—208. Skelet des Menschen (Fig. 208) und der vier Anthropoiden-Gattungen: Fig. 204 Gibbon. Fig. 205 Orang. Fig. 206 Schimpanse. Fig. 207 Gorilla. (Nach HUXLEY). Vergl. Taf. XIV.

oder Anthropoiden sind die Unterschiede der verschiedenen Gattungen unter einander nicht geringer als die entsprechenden Unterschiede derselben vom Menschen. Das lehrt Sie schon ein Blick auf die vorstehenden Skelette derselben, wie sie HUXLEY zusammengestellt hat (Fig. 204—208). Mögen Sie nun den Schädel oder die Wirbelsäule mit dem Rippenkorb, oder die vorderen oder die hinteren Gliedmaassen einzeln vergleichen; oder mögen Sie Ihre Vergleichung auf das Muskel-System, auf das Blutgefäss-System, auf das Gehirn u. s. w. ausdehnen, immer kommen Sie bei unbefangener und vorurtheilsfreier Prüfung zu demselben Resultate, dass der Mensch sich nicht in höherem Grade von den übrigen Catarhinen unterscheidet, als die extremsten Formen der letzteren (z. B. Gorilla und Pavian) unter sich verschieden sind. Wir können daher jetzt das bedeutungsvolle, vorher angeführte HUXLEY'sche Gesetz durch den folgenden Satz vervollständigen: »Wir mögen ein System von Organen vornehmen, welches wir wollen, die Vergleichung ihrer Modificationen in der Catarhinen-Reihe führt uns zu einem und demselben Resultate: dass die anatomischen Verschiedenheiten, welche den Menschen von den höchst entwickelten Catarhinen (Orang, Gorilla, Schimpanse) scheiden, nicht so gross sind, als diejenigen, welche diese letzteren von den niedrigsten Catarhinen (Meerkatze, Makako, Pavian) trennen.«

Wir müssen demnach schon jetzt den Beweis, dass der Mensch von anderen Catarhinen abstammt, für vollständig geführt halten. Wenn auch zukünftige Untersuchungen über die vergleichende Anatomie und Ontogenie der noch lebenden Catarhinen, sowie über die fossilen Verwandten derselben uns noch vielerlei Aufschlüsse im Einzelnen versprechen, so wird doch keine zukünftige Entdeckung jenen wichtigen Satz jemals umstossen können. Natürlich werden unsere Catarhinen-Ahnen eine lange Reihe von verschiedenen Formen durchlaufen haben, ehe schliesslich als vollkommenste Form daraus der Mensch hervorging. Als die wichtigsten Fortschritte, welche diese »Schöpfung des Menschen«, seine Sonderung von den nächstverwandten Catarhinen bewirkten, sind zu betrachten: die Angewöhnung an den aufrechten Gang und die damit verbundene stärkere Sonderung der vorderen und hinteren Gliedmaassen, ferner die Ausbildung der articulirten Begriffs-Sprache und ihres Organs, des Kehlkopfes, endlich vor Allem die vollkommenere Entwickelung des Gehirns und seiner Function, der Seele; einen ausserordentlich


1 Schimpanse.
2 Gorilla.
3 Orang.
4 Neger.

bedeutenden Einfluss wird dabei die geschlechtliche Zuchtwahl ausgeübt haben, wie DARWIN in seinem berühmten Werke über die sexuelle Selection vortrefflich dargethan hat.[162]

Mit Rücksicht auf diese Fortschritte können wir unter unseren Catarhinen-Vorfahren mindestens noch vier wichtige Ahnenstufen unterscheiden, welche hervorragende Momente in dem welthistorischen Processe der »Menschwerdung« bezeichnen. Als die neunzehnte Stufe unseres menschlichen Stammbaumes könnten wir zunächst an die Halbaffen die ältesten und niedersten Catarhinen anschliessen, welche sich aus den ersteren durch die Ausbildung des charakteristischen Catarhinen-Kopfes, durch die eigenthümliche Umbildung des Gebisses, der Nase und des Gehirns entwickelten. Diese ältesten Stammformen der ganzen Catarhinen-Gruppe werden jedenfalls dicht behaart und mit einem langen Schwanze versehen gewesen sein: Schwanzaffen (*Menocerca*, Fig. 203). Sie haben bereits während der älteren Tertiär-Zeit (während der Eocaen-Periode) gelebt, wie uns fossile Reste von eocaenen Catarhinen lehren. Unter den heute noch lebenden Schwanzaffen sind ihnen vielleicht die Schlankaffen (*Semnopithecus*) am nächsten verwandt.[163]

Als zwanzigste Stufe des menschlichen Stammbaumes würden wir an diese Schwanzaffen die schwanzlosen Menschenaffen (*Anthropoides*) anzureihen haben, unter welchem Namen bekanntlich neuerdings die höchst entwickelten und dem Menschen am nächsten stehenden Catarhinen der Gegenwart zusammengefasst werden. Sie entwickelten sich aus den geschwänzten Catarhinen durch den Verlust des Schwanzes, theilweisen Verlust der Behaarung und höhere Ausbildung des Gehirns, die sich auch in der überwiegenden Ausbildung des Gehirnschädels über den Gesichtsschädel ausspricht. Heutzutage leben von dieser merkwürdigen Familie nur noch wenige Arten, die sich auf zwei verschiedene Gruppen, eine afrikanische und eine asiatische vertheilen. Die afrikanischen Menschenaffen sind auf den westlichen Theil des tropischen Afrika beschränkt, wahrscheinlich aber auch in Central-Afrika noch in mehreren Arten verbreitet. Genauer kennen wir nur zwei Arten: den Gorilla (*Pongo gorilla* oder *Gorilla engina*), den grössten von allen Affen (Fig. 207) und den kleinen Schimpanse (*Pongo troglodytes* oder *Engeco troglodytes*), welcher jetzt oft in unseren zoologischen Gärten lebt (Fig. 206. Taf. XIV, Fig. 1, 2). Beide afrikanische Menschenaffen sind schwarz gefärbt und langköpfig (dolichocephal), gleich ihren Landsleuten, den Negern. Hingegen sind die asiatischen Men-

schenaffen meistens braun oder gelbbraun gefärbt und kurzköpfig (brachycephal), gleich ihren Landsleuten, den Malayen und Mongolen. Der grösste asiatische Menschenaffe ist der bekannte Orang oder Orang-Utang, der auf den Sunda-Inseln (Borneo, Sumatra) einheimisch und braun gefärbt ist. Man unterscheidet neuerdings zwei Arten: den kleinen Orang (*Satyrus morio*) und den grossen Orang (*Satyrus Orang*, Fig. 205, Taf. XIV, Fig. 3). Eine Gattung von kleineren Anthropoiden (Fig. 204), die Gibbon (*Hylobates*), leben auf dem Festlande des südlichen Asiens und auf den Sunda-Inseln; man unterscheidet 4—8 verschiedene Arten derselben. Keiner von diesen lebenden Anthropoiden kann als der absolut menschenähnlichste Affe bezeichnet werden. Der Gorilla steht dem Menschen am nächsten in der Bildung von Hand und Fuss, der Schimpanse in wichtigen Charakteren der Schädelbildung, der Orang in der Gehirn-Entwickelung und der Gibbon in der Entwickelung des Brustkastens. Selbstverständlich gehört kein einziger von allen diesen noch lebenden Menschenaffen zu den directen Vorfahren des Menschengeschlechts; sie alle sind letzte zerstreute Ueberbleibsel eines alten Catarhinen-Zweiges, aus dem als ein besonderes Aestchen nach einer eigenen Richtung hin sich das Menschengeschlecht entwickelt hat.

Obgleich nun das Menschengeschlecht (*Homo*) sich ganz unmittelbar an diese Anthropoiden-Familie anschliesst und zweifellos direct aus derselben seinen Ursprung genommen hat, so können wir doch als eine wichtige Zwischenform zwischen beiden und als eine einundzwanzigste Stufe unserer Ahnenreihe hier noch die Affenmenschen (*Pithecanthropi*) einschalten. Mit diesem Namen habe ich in der »Natürlichen Schöpfungsgeschichte« (VI. Auflage, S. 590) die »sprachlosen Urmenschen (*Alali*)« belegt, welche zwar in der allgemeinen Formbeschaffenheit (namentlich in der Differenzirung der Gliedmaassen) bereits als »Menschen« im gewöhnlichen Sinne auftraten, dennoch aber einer der wichtigsten menschlichen Eigenschaften, nämlich der articulirten Wortsprache und der damit verbundenen höheren Begriffsbildung ermangelten. Die durch letztere bedingte höhere Differenzirung des Kehlkopfes und des Gehirns bildete erst den wahren »Menschen«.

Die vergleichende Sprachforschung hat uns neuerdings gezeigt, dass die eigentliche menschliche Sprache polyphyletischen Ursprungs ist, dass wir mehrere (und wahrscheinlich viele) verschiedene Ursprachen unterscheiden müssen, die sich unabhängig von einander entwickelt haben. Auch lehrt uns die Entwicke-

lungsgeschichte der Sprache (und zwar sowohl ihre Ontogenie bei jedem Kinde, wie ihre Phylogenie bei jeder Rasse), dass die eigentliche menschliche Begriffssprache erst allmählich sich entwickelt hat, nachdem bereits der übrige Körper sich in der specifisch-menschlichen Form ausgebildet hatte. Wahrscheinlich trat sogar die Sprachbildung erst ein, nachdem bereits die Divergenz der verschiedenen Menschen-Species oder Rassen stattgefunden hatte, und dies geschah vermuthlich erst im Beginne der Quartär-Zeit oder der Diluvial-Periode. Die Affenmenschen oder Alalen werden daher wohl schon gegen Ende der Tertiär-Zeit, während der Pliocaen-Periode, vielleicht sogar schon in der Miocaen-Periode existirt haben. [164])

Als die zweiundzwanzigste und letzte Stufe unseres thierischen Stammbaumes würde nun schliesslich der echte oder sprechende Mensch (*Homo*) zu betrachten sein, der sich aus der vorhergehenden Stufe durch die allmähliche Fortbildung der thierischen Lautsprache zur wahren menschlichen Wortsprache entwickelte. Ueber Ort und Zeit dieser wahren »Schöpfung des Menschen« können wir nur sehr unsichere Vermuthungen aufstellen. Der Ursprung der »Urmenschen« fand wahrscheinlich während der Diluvial-Zeit in der heissen Zone der alten Welt statt, entweder auf dem Festlande des tropischen Afrika oder Asien, oder auf einem früheren (jetzt unter dem Spiegel des indischen Oceans versunkenen) Continente, der von Ost-Afrika (Madagascar und Abyssinien) bis nach Ost-Asien (Sunda-Inseln und Hinter-Indien) hinüberreichte. Welche gewichtigen Gründe für die frühere Existenz dieses grossen, Lemurien genannten Continents sprechen, und wie die Verbreitung der verschiedenen Menschen-Arten und -Rassen von diesem »Paradiese« aus über die Erdoberfläche ungefähr zu denken ist, habe ich bereits in meiner »Natürlichen Schöpfungsgeschichte« ausführlich erörtert (XXIII. Vortrag und Taf. XV.) Ebendaselbst habe ich auch die Verwandtschafts-Beziehungen der verschiedenen Rassen und Species des Menschen-Geschlechts näher erläutert. [165])

Zweiundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die Abschnitte der menschlichen Stammesgeschichte.

(Vergl. die VIII. Tabelle, S. 322.)

Erster Hauptabschnitt der Stammesgeschichte.

Die Plastiden-Ahnen des Menschen.

Die menschlichen Vorfahren besitzen den Formwerth eines einfachen Individuums erster Ordnung, einer einzigen Plastide.

Erste Stufe: **Moneren-Reihe** (Fig. 163, S. 414).

Die menschlichen Ahnen sind einzeln lebende einfache Cytoden.

Zweite Stufe: **Amoeben-Reihe** (Fig. 167, S. 419).

Die menschlichen Ahnen sind einzeln lebende einfache Zellen.

Zweiter Hauptabschnitt der Stammesgeschichte.

Die vielzelligen Urthier-Ahnen des Menschen.

Die menschlichen Vorfahren bestehen aus einer innig verbundenen Gesellschaft von vielen gleichartigen Zellen; sie besitzen daher den Formwerth von Individuen zweiter Ordnung, von Idorganen.

Dritte Stufe: **Synamoeben-Reihe** (Fig. 170, S. 421).

Die menschlichen Ahnen sind vielzellige Urthiere einfachster Art: massive Haufen von einfachen gleichartigen Zellen.

Vierte Stufe: **Planaeaden-Reihe** (Fig. 172, 173, S. 425).

Die menschlichen Ahnen sind vielzellige Urthiere von der Beschaffenheit der Magosphaeren und gewisser Planula-Larven, gleichwerthig der ontogenetischen Blastula oder Blastosphaera: hohle Kugeln, deren Wand aus einer einzigen Schicht von flimmernden Zellen besteht.

Dritter Hauptabschnitt der Stammesgeschichte.

Die wirbellosen Darmthier-Ahnen des Menschen.

Die menschlichen Vorfahren besitzen den Formwerth von Individuen dritter Ordnung, von ungegliederten Personen. Der Leib umschliesst eine Darmhöhle mit Mundöffnung und besteht anfangs aus zwei primären, später aus vier secundären Keimblättern.

Fünfte Stufe: **Gastraeaden-Reihe** (Fig. 174—179, S. 429).

Die menschlichen Ahnen besitzen den Formwerth und Bau einer Gastrula. Ihr Leib besteht bloss aus einem einfachen Urdarm, dessen Wand die beiden primären Keimblätter bilden.

Sechste Stufe: **Chordonier-Reihe** (Fig. 184—188; S. 441—448).

Die menschlichen Ahnen sind Würmer: anfänglich Urwürmer, den Turbellarien verwandt; später höher stehende Weichwürmer oder Scoleciden, endlich Chordathiere von der Organisation der Ascidien-Larven. Ihr Leib besteht aus vier secundären Keimblättern.

Vierter Hauptabschnitt der Stammesgeschichte.

Die Wirbelthier-Ahnen des Menschen.

Die menschlichen Vorfahren sind Wirbelthiere und besitzen daher den Formwerth einer gegliederten Person oder einer Metameren-Kette. Das Hautsinnesblatt ist in Hornplatte, Markrohr und Urnieren geschieden. Das Hautfaserblatt ist in Lederplatte, Urwirbel (Muskelplatte und Skeletplatte) und Chorda zerfallen. Aus dem Darmfaserblatte entsteht das Herz mit den Hauptblutgefässen und die fleischige Darmwand. Aus dem Darmdrüsenblatte ist das Epithelium des Darmrohres gebildet. Die Metamerenbildung ist constant.

Siebente Stufe: **Acranier-Reihe** (Fig. 189; Taf. XI, Fig. 15).

Die menschlichen Ahnen sind schädellose Wirbelthiere, ähnlich dem heutigen Amphioxus. Der Körper bildet bereits eine Metameren-Kette, da mehrere Urwirbel sich gesondert haben. Der Kopf ist aber noch nicht deutlich vom Rumpfe getrennt. Das Markrohr ist noch nicht in Hirnblasen zerfallen. Das Herz ist ganz einfach, ohne Kammern. Der Schädel fehlt noch; ebenso Kiefer und Gliedmaassen.

Achte Stufe: **Monorhinen-Reihe** (Fig. 190; Taf. XI, Fig. 16).

Die menschlichen Ahnen sind kieferlose Schädelthiere (ähnlich den entwickelten Myxinoiden und Petromyzonten). Die Zahl der Metameren nimmt zu. Der Kopf sondert sich deutlicher vom Rumpfe. Das vordere Ende des Markrohres schwillt blasenförmig an und bildet das Gehirn, welches sich bald in fünf Hirnblasen sondert. Seitlich davon erscheinen die drei höheren Sinnesorgane. Das Herz zerfällt in Kammer und Vorkammer. Kiefer, Gliedmaassen und Schwimmblase fehlen noch.

Neunte Stufe: **Ichthyoden-Reihe** (Fig. 191, 192; Taf. XII und XIII).

Die menschlichen Ahnen sind fischartige Schädelthiere: zuerst Urfische (Selachier), später Lurchfische (Dipneusten), dann Kiemenlurche (Sozuren). Die Vorfahren dieser Ichthyoden-Reihe entwickeln zwei Paar Gliedmaassen: ein Paar Vorderbeine (Brustflossen) und ein Paar Hinterbeine (Bauchflossen). Zwischen den Kiemenspalten bilden sich die Kiemenbogen aus, von denen das erste Paar die Kieferbogen bildet (Oberkiefer und Unterkiefer). Aus dem Darmcanal wächst die Schwimmblase (Lunge) und die Bauchspeicheldrüse (Pancreas) hervor.

Zehnte Stufe: **Amnioten-Reihe** (Fig. 195—208; Taf. XIV).

Die menschlichen Ahnen sind Amnionthiere oder kiemenlose Wirbelthiere: zuerst Uramnioten (Protamnien), dann Ursäuger (Monotremen); hierauf Beutelthiere (Marsupialien); dann Halbaffen (Prosimien) und endlich Affen (Simien). Die Affen-Ahnen des Menschengeschlechts sind zuerst geschwänzte Catarhinen, später schwanzlose Catarhinen (Anthropoiden), hierauf sprachlose Affenmenschen (Alalen) und endlich echte, sprechende Menschen. Die Vorfahren dieser Amnioten-Reihe entwickeln Amnion und Allantois, und erlangen allmälig die den Säugethieren zukommende und zuletzt die specifisch menschliche Bildung.

Dreiundzwanzigste Tabelle.
Uebersicht über das phylogenetische System der Säugethiere.

Unterklasse	Hauptgruppe	Ordnung	Unterordnung	
I. Erste Unterklasse der Säugethiere	**Kloakenthiere** (**Monotrema** oder **Ornithodelphia**)	1. Stammsäuger		***Promammalia***
		2. Schnabelthiere		***Ornithostoma***
II. Zweite Unterklasse der Säugethiere	**Beutelthiere** (**Marsupialia** oder **Didelphia**)	3. Pflanzenfressende Beutelthiere		***Botanophaga***
		4. Fleischfressende Beutelthiere		***Zoophaga***
III. Dritte Unterklasse der Säugethiere **Placentalthiere** (**Placentalia** oder **Monodelphia**)	III A. Placentalthiere ohne Decidua, mit Zotten-Placenta. **Indecidua** **Villiplacentalia**	5. Hufthiere **Ungulata**	Unpaarhufer	***Perissodactyla***
			Paarhufer	***Artiodactyla***
		6. Walthiere **Cetomorpha**	Seerinder	***Sirenia***
			Walfische	***Cetacea***
	III B. Placentalthiere mit Decidua, mit Gürtel-Placenta. **Deciduata** **Zonoplacentalia**	7. Scheinhufthiere **Chelophora**	Klippdasse	***Lamnungia***
			Elephanten	***Proboscidea***
		8. Raubthiere **Carnassia**	Landraubthiere	***Carnivora***
			Seeraubthiere	***Pinnipedia***
	III C. Placentalthiere mit Decidua, mit Scheiben-Placenta. **Deciduata** **Discoplacentalia**	9. Halbaffen **Prosimiae**	Fingerthiere	***Leptodactyla***
			Langfüsser	***Macrotarsi***
			Pelzflatterer	***Ptenopleura***
			Lemuren	***Brachytarsi***
		10. Nagethiere **Rodentia**	Eichhornartige	***Sciuromorpha***
			Mäuseartige	***Myomorpha***
			Stachelschwein-artige	***Hystricho-morpha***
			Hasenartige	***Lagomorpha***
		11. Zahnarme **Edentata**	Scharrthiere	***Effodientia***
			Faulthiere	***Bradypoda***
		12. Insecten-fresser **Insectivora**	Blinddarmträger	***Menotyphla***
			Blinddarmlose	***Lipotyphla***
		13. Flederthiere **Chiroptera**	Flederhunde	***Pterocynes***
			Fledermäuse	***Nycterides***
		14. Affen **Simiae**	Plattnasen	***Platyrhinae***
			Schmalnasen	***Catarhinae***

Vierundzwanzigste Tabelle.
Stammbaum der Säugethiere.

Menschen
Homines

Elephanten
Proboscidea

Menschenaffen
Anthropoides

Fledermäuse
Nycterides

Klippdasse
Lamnungia

Schmalnasen
Catarhinae

Flederhunde
Pterocynes
Flederthiere
Chiroptera

Seeraubthiere
Pinnipedia

Scheinhufer
Chelophora

Plattnasen
Platyrhinae

Landraubthiere
Carnivora
Raubthiere
Carnassia

Pelzflatterer
Ptenopleura

Nagethiere
Rodentia

Affen
Simiae

Insectenfresser
Insectivora

Walfische
Cetacea

Fingerthiere
Leptodactyla

Lemuren
Brachytarsi

Langfüsser
Macrotarsi

Seerinder
Sirenia
Walthiere
Cetomorpha

Zahnarme
Edentata

Halbaffen
Prosimiae
Deciduathiere
Deciduata

Hufthiere
Ungulata

Decidualose
Indecidua

Placentalthiere
Placentalia

Pflanzenfressende Beutelthiere
Marsupialia botanophaga

Fleischfressende Beutelthiere
Marsupialia zoophaga

Beutelthiere
Marsupialia

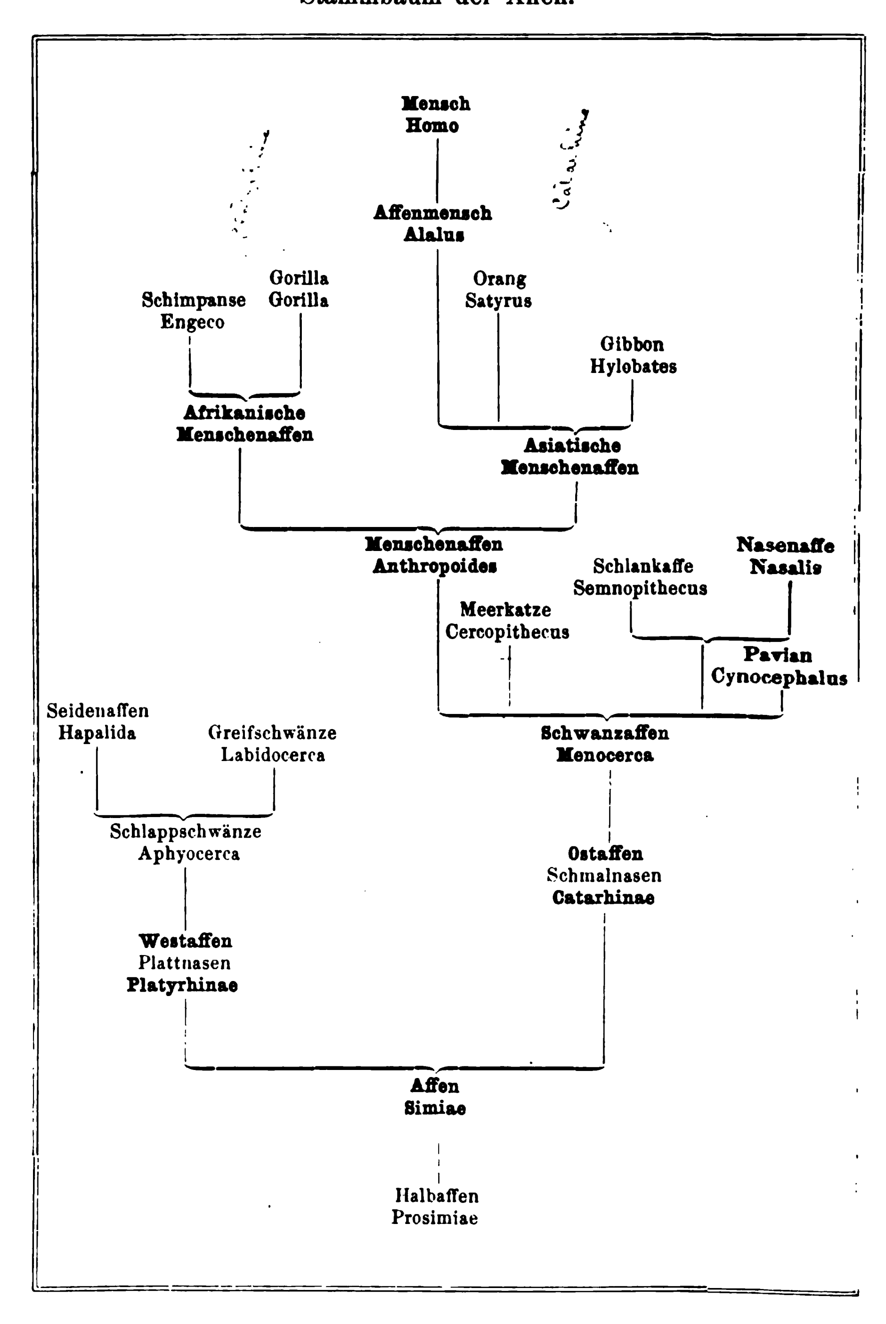
Schnabelthiere
Ornithostoma

Stammsäuger
Promammalia
Kloakenthiere
Monotrema

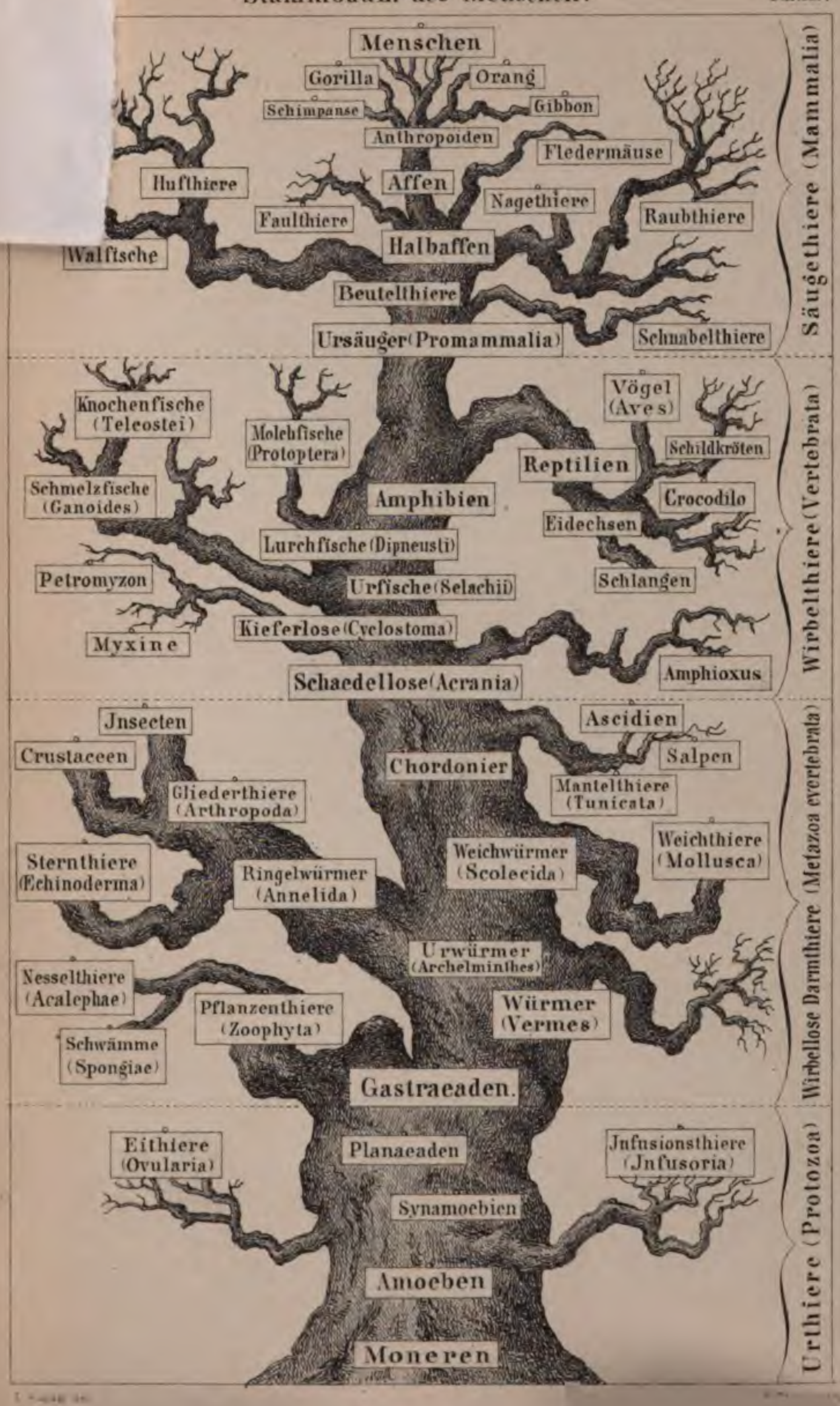


Fünfundzwanzigste Tabelle.

Stammbaum der Affen.



Stammbaum des Menschen. *Taf. XV.*





Zwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte der Hautdecke und des Nervensystems.

»Die anatomischen Verschiedenheiten zwischen dem Menschen und den höchsten Affen sind von geringerem Werth, als diejenigen zwischen den höchsten und den niedersten Affen. Man kann kaum irgend einen Theil des körperlichen Baues finden, welcher jene Wahrheit besser als Hand und Fuss illustriren könnte; und doch giebt es ein Organ, dessen Studium uns denselben Schluss in einer noch überraschenderen Weise aufnöthigt — und dies ist das Gehirn. Als ob die Natur an einem auffallenden Beispiele die Unmöglichkeit nachweisen wollte, zwischen dem Menschen und den Affen eine auf den Gehirnbau gegründete Grenze aufzustellen, so hat sie bei den letzteren Thieren eine fast vollständige Reihe von Steigerungen des Gehirns gegeben: von Formen an, die wenig höher sind als die eines Nagethieres, bis zu solchen, die wenig niedriger sind als die des Menschen.«

Thomas Huxley (1863).

Inhalt des zwanzigsten Vortrages.

Animale und vegetative Organ-Systeme. Ursprüngliche Beziehungen derselben zu den beiden primären Keimblättern. Sinnes-Apparat. Bestandtheile desselben: ursprünglich nur das Exoderm oder Hautblatt; später Hautdecke vom Nervensystem gesondert. Doppelte Function der Haut (Decke und Tastorgan). Oberhaut (Epidermis) und Lederhaut (Corium). Anhänge der Epidermis: Hautdrüsen (Schweissdrüsen, Thränendrüsen, Talgdrüsen, Milchdrüsen); Nägel und Haare. Das embryonale Wollkleid. Haupthaar und Barthaar. Einfluss der geschlechtlichen Zuchtwahl. Einrichtung des Nerven-Systems. Motorische und sensible Nerven. Centralmark: Gehirn und Rückenmark. Zusammensetzung des menschlichen Gehirns (grosses und kleines Gehirn). Vergleichende Anatomie des Centralmarks. Keimesgeschichte des Markrohrs. Sonderung des Medullarrohrs in Gehirn und Rückenmark. Zerfall der einfachen Gehirnblase in fünf hinter einander liegende Hirnblasen: Vorderhirn (Grosshirn); Zwischenhirn (Sehhügel); Mittelhirn (Vierhügel); Hinterhirn (Kleinhirn); Nachhirn (Nackenmark). Verschiedene Ausbildung der fünf Hirnblasen bei den verschiedenen Wirbelthierklassen. Entwickelung des Leitungsmarks oder des peripherischen Nervensystems.

XX.

Meine Herren!

Durch unsere bisherigen Untersuchungen sind wir zu der Erkenntniss gelangt, wie sich aus einer ganz einfachen Anlage, nämlich aus einer einzigen einfachen Zelle, der menschliche Körper im Grossen und Ganzen entwickelt hat. Ebenso das ganze Menschengeschlecht, wie jeder einzelne Mensch, verdankt einer einfachen Zelle seinen Ursprung. Die einzellige Stammform des ersteren wird noch heute durch die einzellige Keimform des letzteren wiederholt. Es erübrigt nun noch einen Blick auf die Entwickelungsgeschichte der einzelnen Theile zu werfen, welche den menschlichen Körper zusammensetzen. Natürlich muss ich mich hier auf die allgemeinsten und wichtigsten Umrisse beschränken, da ein specielles Eingehen auf die Entwickelungsgeschichte der einzelnen Organe und Gewebe weder durch den diesen Vorträgen zugemessenen Raum, noch durch den Umfang des anatomischen Wissens, welchen ich bei den meisten von Ihnen voraussetzen darf, gestattet ist. Wir werden bei der Entwickelungsgeschichte der Organe und ihrer Functionen denselben Weg wie bisher verfolgen, nur insofern abweichend, als wir gleichzeitig die Keimesgeschichte und die Stammesgeschichte der Körpertheile in's Auge fassen. Sie haben bei der Entwickelungsgeschichte des menschlichen Körpers im Grossen und Ganzen sich überzeugt, wie uns die Phylogenese überall als Leuchte auf dem dunkeln Wege der Ontogenese dient, und wie wir nur mittelst des rothen Fadens phylogenetischer Verknüpfung im Stande sind, überhaupt uns in dem Labyrinthe der ontogenetischen Thatsachen zurecht zu finden. Ganz ebenso werden wir nun auch bei der Entwickelungsgeschichte der einzelnen Theile verfahren; nur werde ich genöthigt sein, immer gleichzeitig die ontogenetische und die phylogenetische Entstehung der Organe Ihnen vorzuführen. Denn je mehr man auf die Einzelheiten der organischen Entwickelung eingeht, und je genauer man die Entstehung aller einzelnen Theile verfolgt, desto mehr überzeugt man

sich, wie unzertrennlich die Keimesentwickelung mit der Stammesentwickelung zusammenhängt. **Auch die Ontogenie der Organe kann nur durch ihre Phylogenie verstanden und erklärt werden:** ebenso wie die Keimesgeschichte der ganzen Körperform (der »Person«) nur durch ihre Stammesgeschichte verständlich wird. **Jede Keimform ist durch eine entsprechende Stammform bedingt.** Das gilt im Einzelnen wie im Ganzen.

Indem wir nun jetzt an der Hand des biogenetischen Grundgesetzes eine allgemeine Uebersicht über die Grundzüge der Entwickelung der einzelnen menschlichen Organe zu gewinnen suchen, werden wir zunächst die animalen und sodann die vegetativen Organ-Systeme des Körpers in Betracht ziehen. Die erste Hauptgruppe der Organe, die **animalen Organ-Systeme**, bestehen aus dem Sinnes-Apparat und dem Bewegungs-Apparat. Zum **Sinnes-Apparat** gehören die Hautdecke, das Nervensystem und die Sinnesorgane. Der **Bewegungs-Apparat** ist aus den passiven Bewegungs-Organen (dem Skelet) und den activen Bewegungs-Organen (den Muskeln) zusammengesetzt. Die zweite Hauptgruppe der Organe, die **vegetativen Organ-Systeme**, bestehen aus dem Ernährungs-Apparat und dem Fortpflanzungs-Apparat. Zu dem **Ernährungs-Apparate** gehört vor Allem der Darmcanal mit allen seinen Anhängen, ferner das Gefässsystem und das Nierensystem. Der **Fortpflanzungs-Apparat** umfasst die verschiedenen Geschlechtsorgane (Keimdrüsen, Keimleiter, Copulations-Organe u. s. w.).

Wie Sie bereits aus den früheren Vorträgen (IX und X) wissen, entwickeln sich die **animalen** Organ-Systeme (die Werkzeuge der Empfindung und Bewegung) vorzugsweise aus dem **äusseren** primären Keimblatte, aus dem Hautblatte. Hingegen entstehen die **vegetativen** Organ-Systeme (die Werkzeuge der Ernährung und Fortpflanzung) zum grössten Theile aus dem **inneren** primären Keimblatte, aus dem Darmblatte. Freilich ist dieser fundamentale Gegensatz zwischen der animalen und vegetativen Sphäre des Körpers beim Menschen sowohl, wie bei allen höheren Thieren keineswegs durchgreifend: vielmehr entstehen viele einzelne Theile des animalen Apparates (z. B. der Darmnerv oder Sympathicus) aus Zellen, welche Abkömmlinge des Entoderms sind; umgekehrt wird ein grosser Theil des vegetativen Apparates (z. B. die Mundhöhle, und wahrscheinlich der grösste Theil der Harn- und Geschlechts-Organe) aus Zellen gebildet, welche ursprünglich vom Exoderm abstammen. Ueberhaupt findet ja im höher entwickelten Thierkörper eine so vielfache Durch-

Sechsundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die Organ-Systeme des menschlichen Körpers.

(NB. Der Ursprung der einzelnen Organe aus den vier secundären Keimblättern ist durch die römischen Ziffern (I—IV) angedeutet: I Hautsinnesblatt. II. Hautfaserblatt. III. Darmfaserblatt. IV. Darmdrüsenblatt).

Hauptgruppe	Apparat	Organ-System	Organe	Lateinisch	Keimblatt
A. Animale Organ-Systeme	a. **Sinnes-Apparat** *Sensorium*	**1. Hautdecke** (*Derma*)	Oberhaut	Epidermis I	
			Lederhaut	Corium II	
		2. Centrales Nerven-System	Gehirn	Encephalon	I
			Rückenmark	Medulla spinalis	
		3. Peripherisches Nerven-System	Gehirnnerven	Nervi cerebrales I + II	
			Rückenmarksnerven	Nervi spinales II	
			Darmnerven	Sympathicus II + III?	
		4. Sinnes-Organe (*Organa sensuum*)	Gefühlsorgan (Haut)	Org. tactus	I + II
			Geschmacksorgan (Zunge)	Org. gustus	
			Geruchsorgan (Nase)	Org. olfactus	
			Gesichtsorgan (Auge)	Org. visus	
			Gehörorgan (Ohr).	Org. auditus	
	b. **Bewegungs-Apparat** *Locomotorium*	**5. Muskel-System** (Active Bewegungsorgane)	Hautmuskeln	Musculi cutanei	II
			Skeletmuskeln	Musculi skeleti	
		6. Skelet-System (Passive Bewegungsorgane)	Wirbelsäule	Vertebrarium	
			Schädel	Cranium	
			Gliedmaassen-Skelet	Sk. extremitatum	
B. Vegetative Organ-Systeme	c. **Ernährungs-Apparat** *Nutritorium*	**7. Darm-System** (*Gaster*)	Verdauungsorgane	O. digestiva	III + IV
			Athmungsorgane	O. respiratoria	
		8. Gefäss-System (*Organa circulationis*)	Leibeshöhle	Coeloma II + III	
			Lymphgefässe	Vasa lymphatica	II + III
			Blutgefässe	Vasa sanguifera	
			Herz	Cor III	
		9. Nieren-System (*Organa urinaria*)	Nieren	Renes	I? + II
			Harnleiter	Ureteres	
			Harnblase	Urocystis III + IV	
	d. **Fortpflanzungs-Apparat** *Propagatorium*	**10. Geschlechts-Organe** (*Organa sexualia*)	Geschlechtsdrüsen	Gonades	
			(I. Eierstöcke)	(I. Ovaria) III + IV?	
			(II. Hoden)	(II. Testes) I + II?	
			Geschlechtsleiter	Gonophori	I? + II
			(I. Eileiter)	(I. Oviductus)	
			(II. Samenleiter)	(II. Spermaductus)	
			Copulations-Organe	Copulativa	I + II
			(I. Scheide)	(I. Vagina)	
			(II. Ruthe)	(II. Penis)	

flechtung und Verwickelung der verschiedenartigsten Theile statt. dass es oft äusserst schwierig ist, die ursprüngliche Quelle aller einzelnen Bestandtheile anzugeben. Allein im Grossen und Ganzen betrachtet, dürfen wir es als eine sicher gestellte und hochwichtige Thatsache annehmen, dass beim Menschen, wie bei allen höheren Thieren, der grösste Theil der animalen Organe aus dem Hautblatt oder Exoderm, der überwiegende Theil der vegetativen Organe aus dem Darmblatt oder Entoderm abzuleiten ist. Gerade deshalb hat ja schon CARL ERNST BAER das erstere als animales und das letztere als vegetatives Keimblatt bezeichnet (vergl. S. 44 und 160). Natürlich setzen wir bei dieser bedeutungsvollen Annahme voraus, dass die von uns vertretene Ansicht BAER's richtig ist, wonach das Hautfaserblatt (BAER's »Fleischschicht«) vom Exoderm, und anderseits das Darmfaserblatt (BAER's »Gefässschicht«) vom Entoderm ursprünglich (phylogenetisch!) abstammen muss.

Als sicheres Fundament dieser einflussreichen, auch heute noch vielfach bekämpften Anschauung betrachten wir die Gastrula, jene wichtigste Keimform des Thierreichs, die wir noch heutzutage in der Keimesgeschichte der verschiedensten Thierklassen in gleicher Gestalt wiederfinden. Diese bedeutungsvolle Keimform deutet mit unwiderleglicher Klarheit auf eine gemeinsame Stammform aller Thiere (mit einziger Ausnahme der Urthiere) hin, auf die Gastraea; und bei dieser längst ausgestorbenen Stammform bestand der ganze Thierkörper zeitlebens nur aus den zwei primären Keimblättern, wie es noch heute vorübergehend bei der Gastrula der Fall ist. Bei der Gastraea vertrat das einfache Hautblatt actuell die sämmtlichen animalen Organe und Functionen, und anderseits das einfache Darmblatt alle vegetativen Organe und Functionen: potentiell ist dasselbe noch heute bei der Gastrula der Fall.

Wie diese Gastraea-Theorie im Stande ist, nicht nur in morphologischer, sondern auch in physiologischer Beziehung uns über die wichtigsten Verhältnisse in der Entwickelungsgeschichte aufzuklären, davon werden wir uns alsbald überzeugen, wenn wir zunächst den ersten Hauptbestandtheil der animalen Sphäre, den Sinnes-Apparat oder das Sensorium, auf seine Entwickelung untersuchen. Dieser Apparat besteht aus zwei sehr verschiedenen Hauptbestandtheilen, die scheinbar Nichts mit einander zu thun haben: nämlich erstens aus der äusseren Hautbedeckung (*Derma*) sammt den damit zusammenhängenden Haaren, Nägeln, Schweissdrüsen u. s. w.; und zweitens aus dem innerlich gelegenen Nerven-

system. Letzteres umfasst sowohl das Central-Nervensystem (Gehirn und Rückenmark), als auch die peripherischen Gehirnnerven und Rückenmarksnerven, endlich auch die Sinnesorgane. Im ausgebildeten Wirbelthierkörper liegen diese beiden Hauptbestandtheile des Sensoriums gänzlich getrennt: die Hautdecke ganz aussen am Körper, das Central-Nervensystem ganz innen, von ersterer völlig getrennt. Nur durch einen Theil des peripherischen Nervensystems und der Sinnesorgane hängt das letztere mit der ersteren zusammen. Dennoch entsteht, wie wir bereits aus der Keimesgeschichte des Menschen wissen, das letztere aus der ersteren. Diejenigen Organe unseres Körpers, welche die vollkommensten Functionen des Thierleibes vermitteln: die Functionen des Empfindens, des Wollens, des Denkens — mit einem Worte die Organe der Psyche, des Seelenlebens — entwickeln sich aus der äusseren Hautbedeckung!

Diese merkwürdige Thatsache erscheint, für sich allein betrachtet, so wunderbar, unerklärlich und paradox, dass man lange Zeit hindurch versuchte, die Wahrheit der Thatsache einfach zu leugnen. Man stellte den zuverlässigsten embryologischen Beobachtungen gegenüber die falsche Behauptung auf, dass sich das Central-Nervensystem nicht aus dem äussersten Keimblatte, sondern aus einer besonderen darunter gelegenen Zellenschicht entwickele. Indessen liess sich die ontogenetische Thatsache nicht wegbringen, und jetzt, wo wir sie im Lichte der Stammesgeschichte betrachten, erscheint sie uns gerade umgekehrt als ein ganz natürlicher und nothwendiger Vorgang. Wenn man nämlich über die historische Entwickelung der Seelen- und Sinnesthätigkeiten nachdenkt, so muss man nothwendig zu der Vorstellung kommen, dass die Zellen, welche dieselben vermitteln, ursprünglich an der äusseren Oberfläche des Thierkörpers gelegen haben müssen. Nur solche äusserlich gelegene Elementar-Organe konnten die Eindrücke der Aussenwelt unmittelbar aufnehmen und vermitteln. Später zog sich dann allmählich unter dem Einflusse der natürlichen Züchtung derjenige Zellencomplex der Haut, der vorzugsweise »empfindlich« wurde, in das geschütztere Innere des Körpers zurück und bildete hier die erste Grundlage eines nervösen Central-Organs. In Folge weiterer Sonderung wurde dann die Differenz und der Abstand zwischen der äusseren Hautdecke und dem davon abgeschnürten Central-Nervensystem immer grösser, und endlich standen beide nur noch durch die leitenden peripherischen Empfindungs-Nerven in bleibender Verbindung.

Mit dieser Auffassung steht auch der vergleichend-anatomische Befund in vollständig befriedigendem Einklang. Die vergleichende Anatomie lehrt uns, dass sehr viele niedere Thiere noch kein Nerven-System besitzen, trotzdem sie die Functionen des Empfindens, Wollens und Denkens gleich den höheren Thieren ausüben. Bei den Urthieren oder Protozoen, die überhaupt noch keine Keimblätter bilden, fehlt selbstverständlich das Nerven-System ebenso, wie die Hautdecke. Aber auch in der zweiten Hauptabtheilung des Thierreichs, bei den Darmthieren oder Metazoen, ist anfänglich noch gar kein Nerven-System vorhanden. Die Functionen desselben werden durch die einfache Zellenschicht des Exoderms vertreten, welches die niederen Darmthiere unmittelbar von der Gastraea ererbt haben (Fig. 209 *e*). So verhält es sich bei den niedersten Pflanzenthieren: den Gastraeaden, den Schwämmen oder Spongien, und den niedersten hydroiden Polypen, die sich nur wenig über die Gastraeaden erheben. Wie die sämmtlichen vegetativen Functionen derselben durch das einfache Darmblatt, so werden alle animalen Functionen hier durch das ebenso einfache Hautblatt vollzogen. Die einfache Zellenschicht des Exoderm ist hier Hautdecke, Locomotions-Apparat und Nerven-System zugleich.

Höchst wahrscheinlich hat das Nervensystem auch noch einer grossen Anzahl von jenen Urwürmern (*Archelminthes*) gefehlt, die sich zunächst aus den Gastraeaden entwickelten. Selbst noch jene Urwürmer, bei denen bereits die beiden primären Keimblätter sich in die vier secundären Keimblätter gespalten hatten (Taf. V, Fig. 10), werden noch kein von der Haut gesondertes Nervensystem besessen haben. Das Hautsinnesblatt wird auch bei diesen längst ausgestorbenen Würmern noch gleichzeitig Hautdecke und Nervensystem gewesen sein. Aber schon bei den Plattwürmern und namentlich den Strudelwürmern, welche unter den heute noch lebenden Würmern jenen Urwürmern am nächsten stehen, treffen wir ein selbstständiges Nervensystem an, welches sich von der äusseren Hautdecke gesondert und abgeschnürt hat. Das ist der oberhalb des Schlundes gelegene »obere Schlundknoten« (Fig. 211 *g*; Taf. V, Fig. 11 *m*). Aus dieser einfachen Grundlage hat sich das complicirte Central-Nervensystem aller höheren Thiere entwickelt. Bei den höheren Würmern, z. B. beim Regenwurm, ist nach den Untersuchungen von KOWALEVSKY die erste Anlage des Central-Nervensystems (210 *n*) eine locale Verdickung des Hautsinnesblattes (*hs*), welche sich später ganz von der Hornplatte abschnürt. Aber auch

das Markrohr der Wirbelthiere hat denselben Ursprung. Sie wissen bereits aus der Keimesgeschichte des Menschen, dass auch dieses

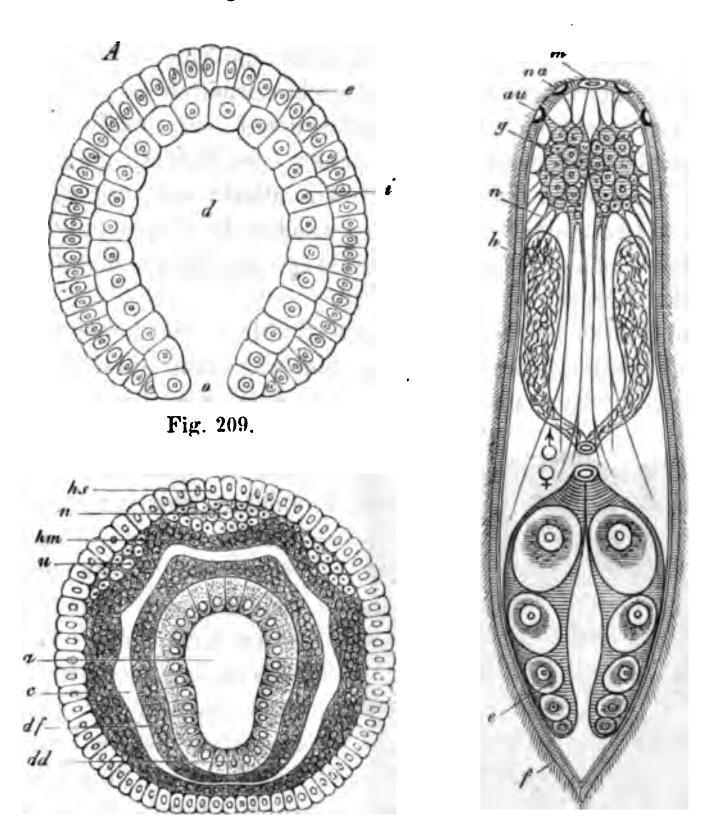


Fig. 209.

Fig. 210.

Fig. 211.

»Medullarrohr«, als die Grundlage des Central-Nervensystems, sich ursprünglich aus der äusseren Hautdecke entwickelt.

Lassen Sie uns jetzt aber zunächst von diesen höchst interessanten Entwickelungs-Verhältnissen noch absehen und vorerst die Entwickelung der späteren menschlichen Hautdecke, mit ihren Haaren, Schweissdrüsen u. s. w. näher ins Auge fassen. Diese

---

Fig. 209. Gastrula von Gastrophysema (Classe der Gastraeaden).

Fig. 210. Querschnitt durch den Embryo eines Regenwurmes. *hs* Hautsinnesblatt. *hm* Hautfaserblatt. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *a* Darmhöhle. *c* Leibeshöhle oder Coelom. *n* Nervenknoten. *u* Urnieren.

Fig. 211. Ein Strudelwurm (*Rhabdocoelum*). Von dem Gehirn oder oberen Schlundknoten (*g*) strahlen Nerven (*n*) aus und gehen an die Haut (*f*), die Augen (*au*), die Geruchsorgane (*na*) und den Mund (*m*). *h* Hoden. *e* Eierstöcke.

äussere Decke (*Derma* oder *Tegmentum*) spielt in physiologischer Beziehung eine doppelte und wichtige Rolle. Erstens ist die Haut die allgemeine Schutzdecke (*Integumentum commune*), welche die gesammte Oberfläche des Körpers überzieht und eine schützende Hülle für alle übrigen Theile bildet. Als solche vermittelt sie zugleich auch einen gewissen Stoffaustausch zwischen dem Körper und der umgebenden atmosphärischen Luft (Ausdünstung oder Hautathmung, Perspiration). Zweitens ist die Haut das älteste und ursprünglichste Sinnesorgan: das Tastorgan, welches die Empfindung der umgebenden Temperatur und des Druckes oder Widerstandes der berührenden Körper vermittelt.

Die Haut des Menschen ist, wie die Haut aller höheren Thiere, aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen zusammengesetzt: aus der äusseren Oberhaut und der darunter gelegenen Lederhaut. Die äussere Oberhaut (*Epidermis*) ist bloss aus einfachen Zellen zusammengesetzt und enthält keine Blutgefässe (Fig. 212*a*, *b*). Sie entwickelt sich aus dem ersten secundären Keimblatte, aus dem Hautsinnesblatte, und zwar unmittelbar aus der Hornplatte desselben. Die Lederhaut hingegen (*Corium*) besteht grösstentheils aus Bindegewebe oder Fasergewebe, enthält zahlreiche Blutgefässe und Nerven und hat einen ganz anderen Ursprung. Sie entsteht nämlich aus der äussersten Schicht des zweiten secundären Keimblattes, des Hautfaserblattes. Die Lederhaut ist viel dicker als die Oberhaut. In ihren tieferen Schichten (in der »*Subcutis*« liegen viele Haufen von

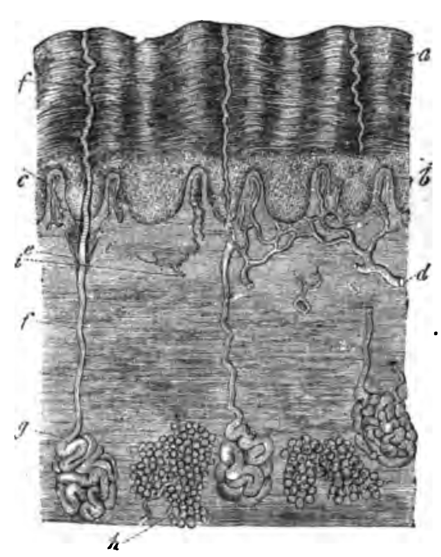


Fig. 212.

Fig. 212. Die menschliche Haut im senkrechten Durchschnitt (nach Ecker), stark vergrössert. *a* Hornschicht der Oberhaut. *b* Schleimschicht der Oberhaut. *c* Wärzchen oder Papillen der Lederhaut. *d* Blutgefässe derselben. *ef* Ausführgänge der (*g*) Schweissdrüsen. *h* Fetttraubchen der Lederhaut. *i* Nerv, oben in ein Tastkörperchen übergehend.

Fettzellen (Fig. 212 *h*). Ihre oberflächlichste Schicht (die eigentliche »Cutis« oder die Papillarschicht) bildet fast auf der ganzen Oberfläche des Körpers eine Menge von kegelförmigen, mikroskopischen Wärzchen oder Papillen, welche in die darüber gelegene Oberhaut hineinragen (*c*). Diese »Tastwärzchen oder Gefühlswärzchen« enthalten die feinsten Empfindungs-Organe der Haut, die »Tastkörperchen«. Andere Wärzchen enthalten bloss Endschlingen der ernährenden Blutgefässe der Haut (*r*, *d*). Alle diese verschiedenen Theile der Lederhaut entstehen durch Arbeitstheilung aus den ursprünglich gleichartigen Zellen der Lederplatte, der äussersten Spaltungs-Lamelle des Hautfaserblattes (Fig. 112 *hpr*, S. 282; Taf. IV und V, *l*; Fig. 65—69 *hf*, S. 224). [166])

Ebenso entwickeln sich sämmtliche Bestandtheile und Anhänge der Oberhaut (*Epidermis*) durch Differenzirung aus den gleichartigen Zellen der Hornplatte (Fig. 213). Schon sehr frühzeitig sondert sich die einfache Zellenlage dieser Hornplatte in zwei verschiedene Schichten. Die innere weichere Schicht (Fig. 212 *b*) wird als Schleimschicht, die äussere härtere (*a*) als Hornschicht der Oberhaut bezeichnet. Diese Hornschicht wird beständig an der Oberfläche abgenutzt und abgestossen: neue Zellenschichten treten durch Nachwachsen der darunter gelegenen Schleimschicht der Oberhaut an ihre Stelle. Anfänglich bildet die Oberhaut eine ganz einfache Decke der Körperoberfläche. Später aber entwickeln sich aus derselben verschiedene Anhänge, theils nach innen, theils nach aussen hin. Die inneren Anhänge sind die Drüsen der Haut: Schweissdrüsen, Talgdrüsen u. s. w. Die äusseren Anhänge sind die Haare und Nägel.

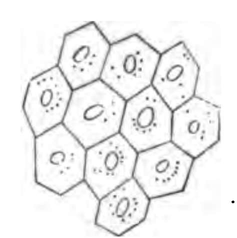


Fig. 213.

Die Drüsen der Hautdecke sind ursprünglich weiter Nichts als solide zapfenförmige Wucherungen der Oberhaut, welche sich in die darunter gelegene Lederhaut einsenken (Fig. 214_1). Erst später entsteht im Innern dieser soliden Zapfen ein Canal ($_2$, $_3$), entweder indem die centralen Zellen erweicht und aufgelöst werden, oder indem Flüssigkeit im Inneren abgeschieden wird. Einige dieser Hautdrüsen bleiben unverästelt, so namentlich die Schweissdrüsen (*efg*). Diese Drüsen, welche den Schweiss absondern, werden zwar

Fig. 213. Oberhaut-Zellen eines menschlichen Embryo von zwei Monaten. (Nach Koelliker.)

sehr lang und bilden am Ende einen aufgewundenen Knäuel; aber sie verzweigen sich niemals: ebenso die **Ohrenschmalzdrüsen**, welche das fettige Ohrenschmalz absondern. Die meisten anderen Hautdrüsen treiben Sprossen und verästeln sich, so namentlich die am oberen Augenlide gelegenen **Thränendrüsen**, welche die Thränen absondern (Fig. 214), ferner die **Talgdrüsen**, welche die fettige Hautschmiere oder den Hauttalg liefern und welche meistens in die Haarbälge einmünden. Schweissdrüsen und Talgdrüsen kommen nur den Säugethieren zu. Hingegen finden sich Thränendrüsen bei allen drei Amnioten-Klassen vor, bei Reptilien, Vögeln und Säugethieren. Den niederen Wirbelthieren fehlen sie.



Fig. 214.

Sehr merkwürdige Hautdrüsen, welche bei allen Säugethieren, aber auch ausschliesslich nur bei diesen, vorkommen, sind die **Milchdrüsen** (*Glandulae mammales*, Fig. 215, 216). Sie liefern die **Milch** zur Ernährung des neugeborenen Säugethieres. Trotz ihrer ausserordentlichen Grösse sind diese wichtigen Gebilde doch weiter Nichts als mächtige Talgdrüsen der Haut (Taf. V, Fig. 16 *md*). Die **Milch** entsteht ebenso durch Verflüssigung der fetthaltigen Milchzellen im Inneren der verästelten Milchdrüsenschläuche (Fig. 215 *c*), wie der Hauttalg und das Haarfett durch Auflösung der fetthaltigen Talgzellen im Inneren der Hauttalgdrüsen. Die Ausführgänge der Milchdrüsen erweitern sich zu sackartigen Milchgängen (*b*), welche sich wieder verengern (*a*) und in der Zitze oder Brustwarze durch 16—24 feine Oeffnungen getrennt ausmünden. Die erste Anlage dieser grossen zusammengesetzten Drüse ist ein ganz einfacher konischer Zapfen der Oberhaut, der in die Lederhaut hineinwächst und sich verästelt. Noch beim neugeborenen Kinde besteht sie nur aus 12—18 strahlig gestellten Läppchen (Fig. 216). Allmählich verästeln sich diese, ihre

---

Fig. 214. **Thränendrüsen-Anlagen** eines menschlichen Embryo von 4 Monaten (nach KOELLIKER). 1 jüngste Anlage in Gestalt eines einfachen soliden Zapfens. 2, 3 weiter entwickelte Anlagen, die sich verästeln und im Inneren aushöhlen. *a* solide Sprossen. *e* Zellenauskleidung der hohlen Sprossen. *f* Anlage der faserigen Hülle, welche später die Lederhaut um die Drüsen bildet.

Ausführgänge höhlen sich aus und erweitern sich und zwischen den Läppchen sammeln sich reichliche Fettmassen an. So entsteht die hervorragende **weibliche Brust** (*Mamma*), auf deren Höhe sich die zum Saugen angepasste **Zitze** oder **Brustwarze** (*Mammilla*)



Fig. 215.



Fig. 216.

erhebt.[167]) Diese letztere entsteht erst später, nachdem die Milchdrüse bereits angelegt ist; und diese ontogenetische Erscheinung ist deshalb von hohem Interesse, weil die älteren Säugethiere (die Stammformen der ganzen Klasse) überhaupt noch keine Warzen zum Milchsaugen besassen. Die Milch trat hier einfach aus einer ebenen, siebförmig durchlöcherten Stelle der Bauchhaut hervor, wie es noch heute bei den niedersten lebenden Säugethieren, den Schnabelthieren, der Fall ist (S. 493). Wir konnten diese deshalb geradezu als **Zitzenlose** (*Amasta*) bezeichnen. Bei vielen niederen Säugethieren finden sich zahlreiche Milchdrüsen, welche an verschiedenen Stellen der Bauchseite sitzen. Beim menschlichen Weibe sind gewöhnlich nur ein Paar Milchdrüsen vorn an der Brust vorhanden, und ebenso bei den Affen, Fledermäusen, Elephanten und einigen anderen Säugethieren. Bisweilen treten aber auch beim menschlichen Weibe zwei Paar hinter einander liegende Brustdrüsen (oder selbst noch mehr) auf, und das ist als Rückschlag in eine ältere Stammform zu deuten. Bisweilen

---

Fig. 215. **Die weibliche Brust** (*Mamma*) im senkrechten Durchschnitt. *c* traubenförmige Drüsenläppchen. *b* erweiterte Milchgänge. *a* verengerte Ausführgänge, welche durch die Brustwarze münden. (Nach H. Meyer.)

Fig. 216. **Milchdrüse des Neugeborenen.** *a* ursprüngliche Central-Drüse; *b* kleinere und *c* grössere Sprossen derselben. (Nach Langer.)

sind dieselben auch beim Manne wohl entwickelt und zum Säugen tauglich, während sie gewöhnlich beim männlichen Geschlecht nur als rudimentäre Organe ohne Function existiren.

Aehnlich wie die Hautdrüsen als locale Wucherungen der Oberhaut nach innen hinein, so entstehen die Hautanhänge, die wir Nägel und Haare nennen, als locale Wucherungen derselben nach aussen. Die Nägel (*Unguez*), welche als wichtige Schutzgebilde an der Rückenfläche des empfindlichsten Theiles unserer Gliedmaassen, der Zehenspitzen und Fingerspitzen, auftreten, sind Horngebilde der Epidermis, deren Besitz wir mit den Affen theilen. Die niederen Säugethiere besitzen an deren Stelle meistens Krallen, die Hufthiere dagegen Hufe. Die Stammform der Säugethiere besass unstreitig Krallen oder Klauen, wie solche in der ersten Anlage schon beim Salamander auftreten. Ebenso wie die Hufe der Hufthiere, so sind auch die Nägel der Affen und Menschen aus den Krallen der älteren Säugethiere entstanden. Beim menschlichen Embryo erscheint die erste Anlage der Nägel (zwischen Hornschicht und Schleimschicht der Oberhaut) erst im vierten Monate. Aber erst am Ende des sechsten Monats tritt ihr Rand frei hervor.

Die interessantesten und wichtigsten Anhänge der Oberhaut sind die Haare, welche für die ganze Klasse der Säugethiere wegen ihrer eigenthümlichen Zusammensetzung und Entstehungsweise als ganz charakteristische Gebilde gelten müssen. Allerdings finden sich Haare auch bei vielen niederen Thieren sehr verbreitet vor, z. B. bei den Insecten und Würmern. Allein diese Haare, ebenso wie die Haare der Pflanzen, sind fadenförmige Anhänge der Oberfläche, welche durch ihre charakteristische feinere Structur und Entwickelungsart von den Haaren der Säugethiere ganz verschieden sind. Oken nannte deshalb letztere mit Recht »Haarthiere«. Die Haare des Menschen, wie aller übrigen Säugethiere, sind lediglich aus eigenthümlich differenzirten und angeordneten Epidermis-Zellen zusammengesetzt. In ihrer ersten Anlage beim Embryo erscheinen sie als solide zapfenförmige Einsenkungen der Oberhaut in die darunter liegende Lederhaut, ganz ähnlich den Einsenkungen der Talg- und und Schweissdrüsen. Wie bei den letzteren ist der einfache Zapfen anfangs aus gewöhnlichen Epidermis-Zellen zusammengesetzt. Im Inneren dieses Zapfens sondert sich bald eine centrale festere Zellenmasse von kegelförmiger Gestalt. Diese wächst beträchtlich in die Länge, löst sich von der umgebenden Zellenmasse »Wurzelscheide«, bricht endlich nach aussen durch und tritt als Haarschaft frei über die

Oberfläche hervor. Der in der Hauteinsenkung (dem »Haarbalg«) verborgene innerste Theil ist die Haarwurzel, umgeben von der Wurzelscheide. Der Durchbruch der ersten Haare beim menschlichen Embryo erfolgt zu Ende des fünften und im Beginn des sechsten Monats.

Gewöhnlich ist der Embryo des Menschen während der letzten drei bis vier Monate der Schwangerschaft mit einem dichten Ueberzuge von feinen Wollhaaren bedeckt. Dieses embryonale Wollkleid (*Lanugo*) geht theilweise schon während der letzten Wochen des Embryolebens, jedenfalls aber bald nach der Geburt verloren und wird durch das dünnere bleibende Haarkleid ersetzt. Die bleibenden späteren Haare wachsen aus Haarbälgen hervor, die aus der Wurzelscheide des abfallenden Wollhaares hervorsprossen. Gewöhnlich bedecken die embryonalen Wollhaare beim menschlichen Embryo den ganzen Körper mit Ausnahme der Handflächen und der Fusssohlen. Diese Theile bleiben beständig nackt, wie sie auch bei allen Affen und bei den meisten anderen Säugethieren unbehaart bleiben. Nicht selten weicht das Wollkleid des Embryo durch seine Farbe auffallend von der späteren bleibenden Haarbedeckung ab. So kommt es z. B. bei unserem indogermanischen Stamme bisweilen vor, dass Kinder von blonden Eltern bei der Geburt zum Schrecken dieser letzteren mit einem dunkelbraunen oder selbst schwarzen Wollpelze bedeckt erscheinen. Erst nachdem dieser abgestossen ist, treten die bleibenden blonden Haare auf, welche das Kind von den Eltern geerbt hat. Bisweilen bleibt der dunkle Pelz noch mehrere Wochen oder selbst Monate nach der Geburt erhalten. Dieses merkwürdige Wollkleid lässt sich gar nicht anders deuten, denn als Erbstück von unseren uralten, langhaarigen Vorfahren, den Affen.

Nicht minder bemerkenswerth ist es, dass viele von den höheren Affen in der dünnen Behaarung einzelner Körperstellen sich bereits dem Menschen nähern. Bei den meisten Affen, namentlich bei den höheren Catarhinen, ist das Gesicht grösstentheils oder ganz nackt, oder nur so dünn und kurz behaart wie beim Menschen. Wie bei diesem, ist auch bei jenen meistens der Hinterkopf durch stärkere Behaarung ausgezeichnet, und die Männchen haben oft einen starken Backenbart und Kinnbart (vergl. Fig. 202, S. 515). Hier wie dort ist diese Zierde des männlichen Geschlechts jedenfalls durch sexuelle Selection erworben. Bei manchen Affen ist die Brust und die Beugeseite der Gelenke sehr dünn behaart, viel spärlicher als der Rücken und die Streckseite der Gelenke. Anderseits werden wir auch nicht selten durch die zottige Behaarung der Schultern, des Rückens

und der Streckseiten der Extremitäten überrascht, welche wir bei einzelnen Männern unseres indogermanischen und des semitischen Stammes wahrnehmen. Bekanntlich ist starke Behaarung des ganzen Körpers in einzelnen Familien erblich, wie auch die relative Stärke des Wuchses von Kopfhaar und Barthaar, sowie die besondere Beschaffenheit des letzteren sich auffallend in vielen Familien vererbt. Diese ausserordentlichen Verschiedenheiten in der totalen und partiellen Behaarung des Körpers, die nicht allein bei Vergleichung der verschiedenen Menschen-Rassen, sondern auch bei Vergleichung vieler Familien einer Rasse höchst auffallend erscheinen müssen, erklären sich einfach daraus, dass das Haarkleid des Menschen im Ganzen ein rudimentäres Organ ist, eine unnütze Erbschaft, welche er von den stärker behaarten Affen übernommen hat. Der Mensch gleicht darin den Elephanten, dem Rhinoceros, dem Nilpferd, den Walfischen und anderen Säugethieren verschiedener Ordnungen, die ebenfalls ihr ursprüngliches Haarkleid durch Anpassung ganz oder grösstentheils verloren haben. [168])

Dasjenige Anpassungs-Verhältniss, durch welches beim Menschen der Haarwuchs an den meisten Körperstellen zurückgebildet, an einzelnen Stellen aber conservirt oder selbst besonders stark ausgebildet wurde, war höchst wahrscheinlich die geschlechtliche Zuchtwahl. Wie DARWIN in seinem Buche über die »Abstammung des Menschen« sehr einleuchtend gezeigt hat, ist gerade in dieser Beziehung die sexuelle Selection sehr einflussreich gewesen. Indem die männlichen anthropoiden Affen bei ihrer Brautwahl die wenigst behaarten Affen-Weibchen bevorzugten, diese letzteren aber denjenigen Bewerbern den Vorzug gaben, die sich durch besonders schönen Bart und Kopfhaar auszeichneten, wurde die gesammte Behaarung allmählich zurückgebildet, hingegen Bart und Kopfhaar auf eine höhere Stufe der Vollendung gehoben. Ausserdem können jedoch auch klimatische Verhältnisse oder andere, uns unbekannte Anpassungen den Verlust des Haarkleides begünstigt haben.

Dafür, dass unser menschlisches Haarkleid direct von den anthropoiden Affen geerbt ist, dafür legt nach DARWIN ein interessantes Zeugniss auch die Richtung der rudimentären Haare auf unseren Armen ab, welche sonst gar nicht erklärbar ist. Es sind nämlich so wohl am Oberarm als am Unterarm die Haare mit ihrer Spitze gegen den Ellbogen gerichtet. Hier stossen sie in einem stumpfen Winkel zusammen. Diese auffallende Anordnung findet sich ausser beim Menschen nur noch bei den anthropoiden Affen, beim Gorilla, Schim-

panse, Orang und mehreren Gibbon-Arten. Bei anderen Gibbon-Arten sind die Haare sowohl am Unterarm als am Oberarm gegen die Hand hin gerichtet, wie bei den übrigen Säugethieren. Jene merkwürdige Eigenthümlichkeit der Anthropoiden und des Menschen ist nur allein durch die Annahme zu erklären, dass unsere gemeinsamen affenartigen Vorfahren sich gewöhnt hatten (wie es noch heute jene menschenähnlichen Affen gewöhnt sind!), beim Regen die Hände über dem Kopfe oder um einen Zweig über demselben zusammen zu legen. Die Richtung der Haare nach abwärts gegen den Ellbogen begünstigte in dieser Lage das Ablaufen des Regens. So erzählt uns noch heute die Richtung der Häärchen an unserem Unterarm von jener nützlichen Gewohnheit unserer Affen-Ahnen.

Die vergleichende Anatomie und Ontogenie weist uns bei genauerer Untersuchung der Hautdecke und ihrer Anhänge noch eine ganze Anzahl von solchen wichtigen »Schöpfungs-Urkunden« nach, welche die directe Vererbung derselben von der Hautdecke der Affen beweisen. Haut und Haar haben wir zunächst von den anthropoiden Affen geerbt, wie diese es von den niederen Affen und letztere wiederum von niederen Säugethieren durch Erbschaft überkommen haben. Dasselbe gilt nun aber auch von dem anderen hochwichtigen Organsystem, welches aus dem Hautsinnesblatte sich entwickelt: vom Nervensystem und den Sinnesorganen. Auch dieses höchst entwickelte Organ-System, welches die vollkommensten Lebens-Functionen, die Seelenthätigkeiten, vermittelt, haben wir zunächst von den Affen und weiterhin von niederen Säugethieren geerbt.

Das Nervensystem des Menschen, wie aller anderen Wirbelthiere, stellt in ausgebildetem Zustande einen höchst verwickelten Apparat dar, dessen anatomische Einrichtung und dessen physiologische Thätigkeit man im Allgemeinen mit derjenigen eines electrischen Telegraphen-Systems vergleichen kann. Als Hauptstation fungirt das Centralmark oder Central-Nervensystem, dessen zahllose »Ganglien-Zellen« (Fig. 7, S. 105) durch verästelte Ausläufer sowohl unter einander als mit zahllosen feinsten Leitungsdrähten zusammenhängen. Letztere sind die peripherischen, überall verbreiteten »Nervenfasern«; sie stellen zusammen mit ihren Endapparaten, den Sinnesorganen u. s. w. das Leitungsmark oder das peripherische Nervensystem dar. Theils leiten sie als sensible Nervenfasern die Empfindungs-Eindrücke der Haut und anderer Sinnesorgane zum Centralmark: theils überbringen sie als motorische Nervenfasern die Willensbefehle des letzteren den Muskeln.

Das **Central-Nervensystem** oder das **Centralmark** (*Medulla centralis*) ist das eigentliche Organ der Seelenthätigkeit im engeren Sinne. Mag man sich nun die innere Verbindung dieses Organes und seiner Functionen denken, wie man will, so steht jedenfalls so viel fest, dass die eigenthümlichen Leistungen desselben, die wir als Empfinden, Wollen und Denken bezeichnen, beim Menschen wie bei allen höheren Thieren unabänderlich an die normale Entwickelung jenes materiellen Organs gebunden sind. Wir werden daher von vornherein auf die Entwickelungsgeschichte des letzteren besonders gespannt sein dürfen. Da diese uns allein die wichtigsten Aufschlüsse über die Natur unserer »Seele« geben kann, wird sie unser höchstes Interesse beanspruchen. Denn wenn sich das Centralmark ganz ebenso beim menschlichen Embryo wie beim Embryo aller anderen Säugethiere entwickelt, so kann auch die Abstammung des menschlichen Seelenorgans von demselben Centralorgan anderer Säugethiere und weiterhin niederer Wirbelthiere keinem Zweifel unterliegen. Niemand wird daher die ungeheure Tragweite gerade dieser Entwickelungs-Erscheinungen leugnen können.

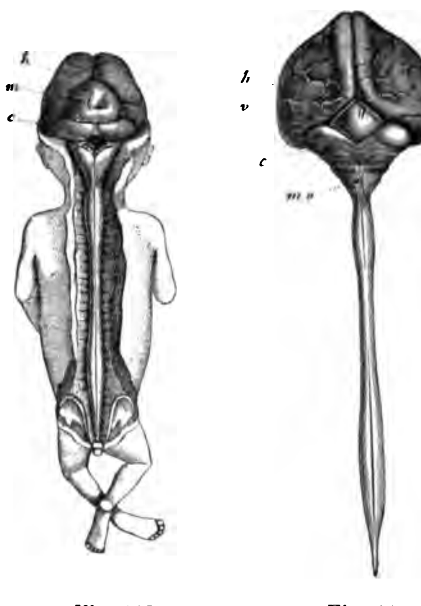


Fig. 217. Fig. 218.

Um diese richtig zu würdigen, müssen wir ein Paar Worte über die allgemeine Form und über die anatomische Zusammensetzung des entwickelten menschlichen Centralmarks vorausschicken. Dasselbe

Fig. 217. Menschlicher Embryo von drei Monaten, in natürlicher Grösse, von der Rückenseite, mit blossgelegtem Hirn und Rückenmark (Nach Koelliker). *h* Halbkugeln des Grosshirns (Vorderhirn). *m* Vierhügel (Mittelhirn). *c* Kleinhirn (Hinterhirn); unter letzterem das dreieckige Nackenmark (Nachhirn).

Fig. 218. Centralmark eines menschlichen Embryo von vier Monaten, in natürlicher Grösse, von der Rückenseite (nach Koelliker). *h* grosse Halbkugeln. *v* Vierhügel. *c* Kleinhirn. *mo* Nackenmark; darunter das Rückenmark.

besteht, wie das Central-Nervensystem aller anderen Schädelthiere, aus zwei verschiedenen Hauptbestandtheilen: erstens aus dem Kopfmark oder Gehirn, (*Medulla capitis* oder *Encephalon*) und zweitens aus dem Rückenmark (*Medulla spinalis*). Das erstere ist in dem knöchernen Schädel oder der »Hirnschale« eingeschlossen, das letztere in dem knöchernen »Rückgratcanal oder Wirbelcanal«, der durch die Reihe der hinter einander gelegenen siegelringförmigen Wirbel gebildet wird. (Vergl. Taf. V, Fig. 16 *m*). Von dem Gehirn gehen zwölf Paar Kopfnerven ab, von dem Rückenmark 31 Paar Rückenmarksnerven für den übrigen Körper. Das Rückenmark erscheint für die grobe anatomische Betrachtung als ein cylindrischer Strang, welcher sowohl oben in der Halsgegend (am letzten Halswirbel) als unten in der Lendengegend (am ersten Lendenwirbel) eine spindelförmige Anschwellung besitzt (Fig. 217, 218). An der Halsschwellung gehen die starken Nerven der oberen, an der Lendenschwellung diejenigen der unteren Gliedmaassen vom Rückenmark ab. Oben geht letzteres durch das Nackenmark (*Medulla oblongata*, Fig. 218 *mo*) in das Gehirn über. Das Rückenmark ist zwar anscheinend eine dichte Masse von Nervensubstanz; jedoch enthält es in seiner Axe einen sehr engen Canal, der oben in die weiteren Hirnhöhlen übergeht und gleich diesen mit klarer Flüssigkeit erfüllt ist.

Das Gehirn bildet eine ansehnliche, den grössten Theil der Schädelhöhle erfüllende Nervenmasse von höchst verwickeltem feinerem Bau, welche für die gröbere Betrachtung zunächst in zwei Hauptbestandtheile zerfällt: das grosse und kleine Gehirn (*Cerebrum* und *Cerebellum*).

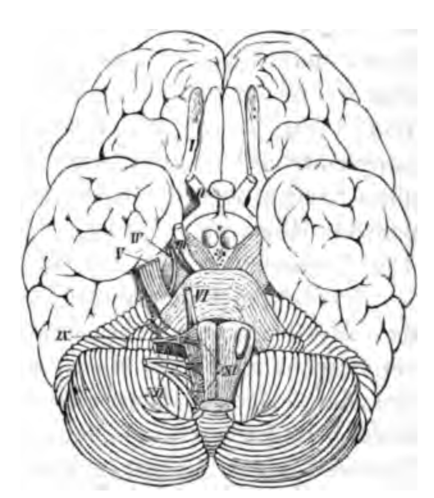


Fig. 219.

Fig. 219. Das menschliche Gehirn, von der unteren Seite betrachtet (nach H. Meyer). Oben (vorn) ist das grosse Gehirn mit den weitläufigen verzweigten Furchen, unten (hinten) das kleine Gehirn mit den engen parallelen Furchen sichtbar. Die römischen Ziffern bezeichnen die Wurzeln der zwölf Hirnnerven-Paare in der Reihenfolge von vorn nach hinten.

Das grosse Gehirn liegt mehr vorn und oben und **zeigt an seiner** Oberfläche die bekannten charakteristischen Windungen und Furchen (Fig. 219, 220). **Auf der oberen Seite zerfällt dasselbe durch einen tiefen Längsschlitz in zwei Seitenhälften, die sogenannten grossen Hemisphären: und diese sind durch eine Querbrücke, den sogenannten Balken** (*Corpus callosum*) **mit einander verbunden. Durch einen tiefen Querspalt ist dieses** grosse Gehirn (*Cerebrum*) von dem kleinen (*Cerebellum*) getrennt. **Das letztere liegt mehr** hinten und unten, und zeigt an seiner Oberfläche ebenfalls **zahlreiche,** aber viel feinere und regelmässigere Furchen, dazwischen **gekrümmte** Wülste (Fig. 219 unten). Auch das kleine Gehirn zerfällt durch einen Längseinschnitt in zwei Seitenhälften, die »kleinen Hemisphären«: diese hängen oben durch ein wurmförmiges Mittelstück, den sogenannten Hirnwurm (*Vermis*), unten durch eine Querbrücke (*Pons Varoli*) zusammen (Fig. 219, VI).

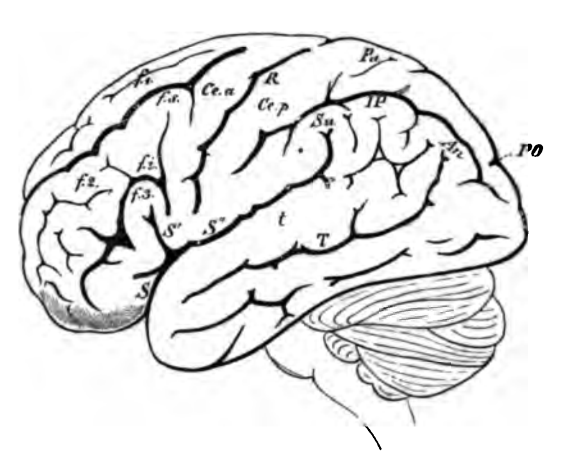


Fig. 220.

Die vergleichende Anatomie und Ontogenie lehrt uns nun aber, dass das Gehirn beim Menschen, wie bei allen anderen Schädelthieren, ursprünglich nicht aus zwei, sondern aus fünf verschiedenen, hinter einander gelegenen Hauptbestandtheilen zusammengesetzt ist. Diese treten beim Embryo sämmtlicher Cranioten, von den Cyclostomen und Fischen bis zum Menschen hinauf, ursprünglich ganz in derselben Form auf, nämlich als fünf hinter einander gelegene Blasen. So gleich aber diese erste Anlage, so verschieden ist ihre spätere Aus-

Fig. 220. Das menschliche Gehirn, von der linken Seite betrachtet nach H. Meyer. Die Furchen des grossen Gehirns sind durch dicke fette, die Furchen des kleinen Gehirns durch feinere Linien bezeichnet. Unter letzterem ist das Nackenmark sichtbar. f_1—f_3 Stirnwindungen. *C* Centralwindungen. *S* Sylvische Spalte. *T* Schläfenspalte. *Pa* Scheitelläppchen. *An* Winkelläppchen. *Po* Hinterhauptspalte.

bildung. Beim Menschen und bei allen höheren Säugethieren entwickelt sich die erste von diesen fünf Blasen, das Vorderhirn, so übermächtig, dass es im reifen Zustande dem Umfang und Gewicht nach den bei weitem grössten Theil des ganzen Gehirns bildet. Nicht allein die grossen Halbkugeln gehören dazu, sondern auch der mächtige Balken, welcher letztere als Querbrücke verbindet, ferner die Riechlappen, von denen die Geruchsnerven abgehen, sowie die meisten derjenigen Gebilde, welche an der Decke und am Boden der grossen Seitenhöhlen im Inneren der beiden Halbkugeln liegen, so namentlich die grossen Streifenkörper. Hingegen gehören die nach innen zwischen letzteren gelegenen beiden Sehhügel schon zu der zweiten Hauptabtheilung, die sich aus dem Zwischenhirn entwickelt; eben dahin gehören die unpaare dritte Hirnhöhle und die Gebilde, welche als Trichter, grauer Hügel und Zirbel bezeichnet werden. Hinter diesen Theilen finden wir mitten zwischen Grosshirn und Kleinhirn versteckt einen kleinen, aus zwei Paar Höckern zusammengesetzten Knoten, den man wegen einer oberflächlichen, letztere trennenden Kreuzfurche den Vierhügel genannt hat (Fig. 217 *m*, Fig. 218 *v*). Obgleich dieser kleine Vierhügel beim Menschen und den höheren Säugethieren nur sehr unbedeutend ist, bildet er doch einen besonderen dritten Hauptabschnitt, der bei niederen Wirbelthieren umgekehrt vorzugsweise entwickelt ist; das Mittelhirn. Als vierte Hauptabtheilung folgt darauf das Hinterhirn oder das »kleine Gehirn« (*Cerebellum*) im engeren Sinne, mit dem unpaaren mittleren Theile, dem »Wurm«, und den paarigen Seitentheilen, den »kleinen Halbkugeln« (Fig. 217 *c*, 218 *c*). Endlich folgt auf diese als fünfter und letzter Hauptabschnitt das Nackenmark oder das »verlängerte Mark« (*Medulla oblongata,* Fig. 218 *mo*), welches die unpaare vierte Hirnhöhle und die benachbarten Theile (Pyramiden, Oliven, Strangkörper) enthält. Dieses Nackenmark geht unten unmittelbar in das Rückenmark über. Der enge Centralcanal des Rückenmarks setzt sich oben in die rautenförmig erweiterte vierte Hirnhöhle des Nackenmarks fort, deren Boden die Rautengrube bildet. Von da führt ein enger Gang, die sogenannte »Sylvische Wasserleitung«, durch den Vierhügel hindurch zur dritten Hirnhöhle, die zwischen beiden Sehhügeln liegt, und diese steht wieder mit den beiden paarigen Seitenhöhlen in Verbindung, welche rechts und links in den grossen Halbkugeln liegen. So stehen also alle Hohlräume des Centralmarks in unmittelbarer Verbindung. Im Einzelnen haben alle die genannten Theile des Gehirns eine unendlich verwickelte feinere Structur, auf

welche wir hier gar nicht eingehen können und deren Betrachtung für unsere Zwecke hier von untergeordnetem Interesse ist. Nur deshalb ist diese bewunderungswürdige Structur des Gehirns, wie sie sich nur bei dem Menschen und den höheren Wirbelthieren findet, von der grössten Bedeutung, weil dasselbe sich bei sämmtlichen Schädelthieren aus der nämlichen einfachen Grundlage entwickelt, nämlich aus den früher schon gelegentlich erwähnten fünf Hirnblasen (vergl. Taf. VI und VII, p. 290).

Lassen Sie uns nun, ehe wir die individuelle Entwickelung des complicirten Gehirnbaues aus dieser einfachen Blasenreihe in's Auge fassen, zum besseren Verständniss noch einen vergleichenden Seitenblick auf die niederen Thiere werfen, welche kein solches Gehirn besitzen. Da treffen wir schon bei den schädellosen Wirbelthieren, beim Amphioxus, wie Sie bereits wissen, gar kein eigentliches Gehirn an. Das ganze Centralmark bildet hier bloss einen einfachen cylindrischen Strang, welcher der Länge nach durch den Körper hindurchgeht und vorn fast ebenso einfach endet wie hinten: ein einfaches **Medullarrohr** (Taf. XI, Fig. 15*m*). Dasselbe einfache Markrohr trafen wir aber bereits in der ersten Anlage bei der Ascidien-Larve an (Taf. X, Fig. 5*m*), und zwar in derselben charakteristischen Lage, oberhalb der Chorda. Bei genauerer Betrachtung fanden wir sogar schon in diesen beiden, nahe verwandten Thieren eine kleine blasenförmige Anschwellung am vorderen Ende des Markrohrs vor: die erste Andeutung einer Sonderung des Markrohrs in Gehirn (m_1) und Rückenmark (m_2). Wenn wir nun aber anderseits die unleugbare Verwandtschaft der Ascidien mit den übrigen Würmern in Betracht ziehen, so ergiebt sich klar, dass das einfache Centralmark der ersteren dem einfachen Nervenknoten gleichbedeutend ist, welcher bei den niederen Würmern über dem Schlunde liegt und deshalb seit langer Zeit den Namen »**Oberschlundknoten**« führt (*Ganglion pharyngeum superius*). Bei den Strudelwürmern besteht das ganze Nervensystem nur aus diesem einfachen Knotenpaar, welches auf der Rückenseite des Körpers liegt und von welchem Nervenfäden an die verschiedenen Körpertheile ausstrahlen (Fig. 211 *g*, *n*). Offenbar ist dieser Oberschlundknoten der niederen Würmer die einfache Grundlage, aus der sich das complicirtere Centralmark der höheren Thiere entwickelt hat. **Durch Verlängerung des oberen Schlundknotens auf der Rückenseite ist das Markrohr entstanden**, welches ausschliesslich den Wirbelthieren und dem Jugendzustande der Ascidien eigenthümlich ist. Hingegen hat sich bei allen übrigen Thieren

das Central-Nervensystem in ganz anderer Weise aus dem oberen Schlundknoten entwickelt; insbesondere ist bei den Gliederthieren daraus ein Schlundring mit Bauchmark entstanden; ebenso bei den gegliederten Ringelwürmern und bei den Sternthieren, die von diesen abgeleitet werden müssen. Auch die Weichthiere haben einen Schlundring, während dieser den Wirbelthieren durchaus fehlt. Bei den Wirbelthieren allein hat eine Fortentwickelung des Centralmarks auf der Rückenseite, bei allen übrigen genannten Thieren hingegen gerade umgekehrt auf der Bauchseite des Körpers stattgefunden.[169])

Steigen wir nun noch tiefer unter die Würmer hinab, so treffen wir auf zahlreiche Thiere, die überhaupt noch kein Nervensystem besitzen, wo vielmehr die Functionen desselben einfach durch die äussere Hautdecke, durch die Zellen des Hautblattes oder Exoderms mit vollzogen werden. Das ist der Fall bei vielen niederen Pflanzenthieren, so namentlich bei allen Schwämmen oder Spongien, ferner bei unserem gemeinen Süsswasser-Polypen, der Hydra. Dasselbe war aber auch sicher bei allen ausgestorbenen Gastraeaden der Fall. Natürlich fehlt das Nervensystem auch sämmtlichen Urthieren, da diese es nicht einmal zur Keimblattbildung bringen.

Fassen wir nun aber die individuelle Entwickelung des Nervensystems beim menschlichen Embryo in's Auge, so haben wir vor Allem von der hochwichtigen, Ihnen bereits bekannten Thatsache auszugehen, dass die erste Anlage desselben durch das einfache Markrohr gebildet wird, welches in der Mittellinie des sohlenförmigen Urkeims sich von dem äussersten Keimblatte abschnürt. Wie Sie sich erinnern werden, entsteht zuerst in der Mitte der sohlenförmigen Keimscheibe die geradlinige Primitivrinne oder Rückenfurche (Fig. 85—87, S. 240). Beiderseits derselben wölben sich die beiden parallelen Rückenwülste oder Markwülste empor. Diese krümmen sich mit ihren freien oberen Rändern gegen einander und verwachsen dann zu dem geschlossenen Markrohr (Fig. 88—93, S. 242—248). Anfangs liegt dieses Medullarrohr unmittelbar unter der Hornplatte; später aber kommt es ganz nach innen zu liegen, indem von rechts und links her die oberen Ränder der Urwirbelplatten zwischen Hornplatte und Markrohr hineinwachsen, sich über letzterem vereinigen und so dasselbe in einen völlig geschlossenen Canal betten. Wie GEGENBAUR sehr treffend bemerkt, »muss diese allmählich erfolgende Einbettung in das Innere des Körpers hierbei als ein mit der fortschreitenden Differenzirung und der damit erlangten höheren Potenzirung erworbener

welche wir hier gar nicht eingehen können und deren Betrachtung für unsere Zwecke hier von untergeordnetem Interesse ist. Nur deshalb ist diese bewunderungswürdige Structur des Gehirns, wie sie sich nur bei dem Menschen und den höheren Wirbelthieren findet, von der grössten Bedeutung, weil dasselbe sich bei sämmtlichen Schädelthieren aus der nämlichen einfachen Grundlage entwickelt, nämlich aus den früher schon gelegentlich erwähnten fünf Hirnblasen (vergl. Taf. VI und VII, p. 290).

Lassen Sie uns nun, ehe wir die individuelle Entwickelung des complicirten Gehirnbaues aus dieser einfachen Blasenreihe in's Auge fassen, zum besseren Verständniss noch einen vergleichenden Seitenblick auf die niederen Thiere werfen, welche kein solches Gehirn besitzen. Da treffen wir schon bei den schädellosen Wirbelthieren, beim Amphioxus, wie Sie bereits wissen, gar kein eigentliches Gehirn an. Das ganze Centralmark bildet hier bloss einen einfachen cylindrischen Strang, welcher der Länge nach durch den Körper hindurchgeht und vorn fast ebenso einfach endet wie hinten: ein einfaches Medullarrohr (Taf. XI, Fig. 15 *m*). Dasselbe einfache Markrohr trafen wir aber bereits in der ersten Anlage bei der Ascidien-Larve an (Taf. X, Fig. 5 *m*), und zwar in derselben charakteristischen Lage, oberhalb der Chorda. Bei genauerer Betrachtung fanden wir sogar schon in diesen beiden, nahe verwandten Thieren eine kleine blasenförmige Anschwellung am vorderen Ende des Markrohrs vor: die erste Andeutung einer Sonderung des Markrohrs in Gehirn (m_1) und Rückenmark (m_2). Wenn wir nun aber anderseits die unleugbare Verwandtschaft der Ascidien mit den übrigen Würmern in Betracht ziehen, so ergiebt sich klar, dass das einfache Centralmark der ersteren dem einfachen Nervenknoten gleichbedeutend ist, welcher bei den niederen Würmern über dem Schlunde liegt und deshalb seit langer Zeit den Namen »Oberschlundknoten« führt (*Ganglion pharyngeum superius*). Bei den Strudelwürmern besteht das ganze Nervensystem nur aus diesem einfachen Knotenpaar, welches auf der Rückenseite des Körpers liegt und von welchem Nervenfäden an die verschiedenen Körpertheile ausstrahlen (Fig. 211 *g*, *n*). Offenbar ist dieser Oberschlundknoten der niederen Würmer die einfache Grundlage, aus der sich das complicirtere Centralmark der höheren Thiere entwickelt hat. Durch Verlängerung des oberen Schlundknotens auf der Rückenseite ist das Markrohr entstanden, welches ausschliesslich den Wirbelthieren und dem Jugendzustande der Ascidien eigenthümlich ist. Hingegen hat sich bei allen übrigen Thieren

das Central-Nervensystem in ganz anderer Weise aus dem oberen Schlundknoten entwickelt; insbesondere ist bei den Gliederthieren daraus ein Schlundring mit Bauchmark entstanden; ebenso bei den gegliederten Ringelwürmern und bei den Sternthieren, die von diesen abgeleitet werden müssen. Auch die Weichthiere haben einen Schlundring, während dieser den Wirbelthieren durchaus fehlt. Bei den Wirbelthieren allein hat eine Fortentwickelung des Centralmarks auf der Rückenseite, bei allen übrigen genannten Thieren hingegen gerade umgekehrt auf der Bauchseite des Körpers stattgefunden.[169])

Steigen wir nun noch tiefer unter die Würmer hinab, so treffen wir auf zahlreiche Thiere, die überhaupt noch kein Nervensystem besitzen, wo vielmehr die Functionen desselben einfach durch die äussere Hautdecke, durch die Zellen des Hautblattes oder Exoderms mit vollzogen werden. Das ist der Fall bei vielen niederen Pflanzenthieren, so namentlich bei allen Schwämmen oder Spongien, ferner bei unserem gemeinen Süsswasser-Polypen, der Hydra. Dasselbe war aber auch sicher bei allen ausgestorbenen Gastraeaden der Fall. Natürlich fehlt das Nervensystem auch sämmtlichen Urthieren, da diese es nicht einmal zur Keimblattbildung bringen.

Fassen wir nun aber die individuelle Entwickelung des Nervensystems beim menschlichen Embryo in's Auge, so haben wir vor Allem von der hochwichtigen, Ihnen bereits bekannten Thatsache auszugehen, dass die erste Anlage desselben durch das einfache Markrohr gebildet wird, welches in der Mittellinie des sohlenförmigen Urkeims sich von dem äussersten Keimblatte abschnürt. Wie Sie sich erinnern werden, entsteht zuerst in der Mitte der sohlenförmigen Keimscheibe die geradlinige Primitivrinne oder Rückenfurche (Fig. 85—87, S. 240). Beiderseits derselben wölben sich die beiden parallelen Rückenwülste oder Markwülste empor. Diese krümmen sich mit ihren freien oberen Rändern gegen einander und verwachsen dann zu dem geschlossenen Markrohr (Fig. 88—93, S. 242—248). Anfangs liegt dieses Medullarrohr unmittelbar unter der Hornplatte; später aber kommt es ganz nach innen zu liegen, indem von rechts und links her die oberen Ränder der Urwirbelplatten zwischen Hornplatte und Markrohr hineinwachsen, sich über letzterem vereinigen und so dasselbe in einen völlig geschlossenen Canal betten. Wie GEGENBAUR sehr treffend bemerkt, »muss diese allmählich erfolgende Einbettung in das Innere des Körpers hierbei als ein mit der fortschreitenden Differenzirung und der damit erlangten höheren Potenzirung erworbener

Vorgang gelten, durch den das für den Organismus **werthvollere** Organ in das **Innere** des ersteren geborgen wird«.

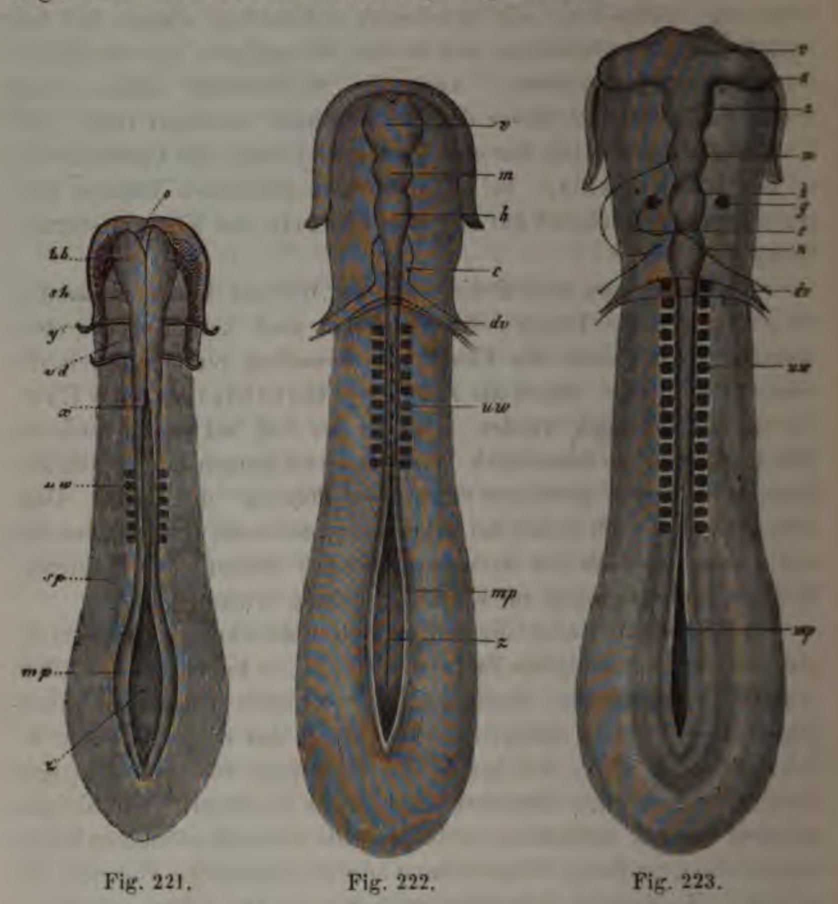


Fig. 221. Fig. 222. Fig. 223.

Jedem denkenden und unbefangenen Menschen muss es als eine höchst wichtige und folgenschwere Thatsache erscheinen, dass unser Seelenorgan gleich demjenigen aller anderen Schädelthiere auf ganz

---

Fig. 221—223. Sohlenförmiger Keimschild des Hühnchens, in drei auf einander folgenden Stufen der Entwickelung, von der Rückenfläche gesehen, ungefähr 20 mal vergrössert. Fig. 221 mit 6 Urwirbelpaaren. Gehirn eine einfache Blase (*hb*). Markfurche von *x* an noch weit offen, hinten bei *z* sehr erweitert. *mp* Markplatten. *sp* Seitenplatten. *y* Grenze zwischen Schlundhöhle (*sh*) und Kopfdarm (*vd*). Fig. 222 mit 10 Urwirbel-Paaren. Gehirn in drei Blasen zerfallen: *v* Vorderhirn, *m* Mittelhirn, *h* Hinterhirn. *c* Herz. *dv* Dottervenen. Markfurche hinten noch weit offen (*z*). *mp* Markplatten. Fig. 223 mit 16 Urwirbel-Paaren. Gehirn in 5 Blasen zerfallen: *v* Vorderhirn. *z* Zwischenhirn. *m* Mittelhirn. *h* Hinterhirn. *n* Nachhirn. *a* Augenblasen. *g* Gehörblasen. *c* Herz. *dv* Dottervenen. *mp* Markplatte. *uw* Urwirbel.

dieselbe Weise und in ganz derselben einfachsten Form angelegt wird, in welcher dasselbe beim niedersten Wirbelthiere, beim Amphioxus, zeitlebens verharrt (S. 336, Fig. 151; Taf. XI, Fig. 15 *m*). Schon bei den Cyclostomen, also eine Stufe über den Acraniern, beginnt frühzeitig das vorderste Ende des cylindrischen Markrohres sich in Gestalt einer birnförmigen Blase aufzublähen, und das ist die erste deutliche Anlage eines Gehirns (Taf. XI, Fig. 16 m_1). Damit sondert sich das Centralmark der Wirbelthiere zuerst deutlich in seine beiden Hauptabschnitte, Gehirn (m_1) und Rückenmark (m_2). Schon beim Amphioxus, vielleicht schon gar bei der Ascidien-Larve (Taf. X, Fig. 5) ist die erste schwache Andeutung dieser wichtigen Sonderung zu bemerken.

Die einfache Blasenform des Gehirns, welche bei den Cyclostomen ziemlich lange bestehen bleibt, tritt auch bei allen höheren Wirbelthieren zuerst auf (Fig. 221 *hb*). Sie geht aber hier sehr rasch vorüber, indem die einfache Hirnblase durch quere Einschnürungen in mehrere hinter einander liegende Abschnitte zerfällt. Zuerst entstehen zwei solche Einschnürungen und das Gehirn bildet demnach drei hinter einander gelegene Blasen (Fig. 222 *v*, *m*, *h*). Dann zerfällt die erste und die dritte von diesen drei primitiven Blasen abermals durch eine quere Einschnürung in je zwei Stücke, und so kommen fünf hinter einander gelegene blasenförmige Abschnitte zu Stande (Fig. 223; vergl. ferner Taf. V, Fig. 13—16, Taf. VI und VII, zweite Querreihe). Diese fünf fundamentalen Hirnblasen, die beim Embryo aller Schädelthiere in gleicher Gestalt wieder kehren, hat zuerst Baer klar erkannt, richtig gewürdigt und ihrer relativen Lagerung entsprechend mit sehr passenden und heute noch allgemein gültigen Namen bezeichnet: I. Vorderhirn (*v*), II. Zwischenhirn (*z*), III. Mittelhirn (*m*), IV. Hinterhirn (*h*), und V. Nachhirn (*n*).

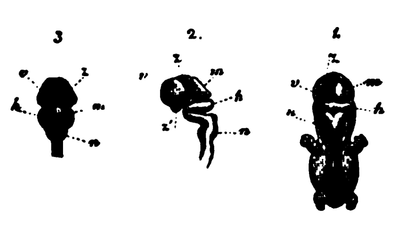


Fig. 224. Fig. 225. Fig. 226.

Bei allen Schädelthieren, von den Rundmäulern bis zum Menschen aufwärts, entwickeln sich aus diesen fünf ursprünglichen Hirn-

Fig. 224—226. Centralmark des menschlichen Embryo aus der siebenten Woche, von 2 Cm. Länge (nach Koelliker). 226. Ansicht des ganzen Embryo von der Rückenseite, mit blossgelegtem Gehirn und Rückenmark. 225. Das Gehirn nebst dem obersten Theil des Rückenmarks, von der linken Seite. 224. Das Gehirn von oben. *v* Vorderhirn. *z* Zwischenhirn. *m* Mittelhirn. *h* Hinterhirn. *n* Nachhirn.

blasen dieselben Theile, wenngleich in höchst verschiedener Ausbildung. Die erste Blase, das Vorderhirn (*Protopsyche*, *v*), bildet den weitaus grössten Theil des sogenannten »grossen Gehirns«, namentlich die beiden grossen Halbkugeln, die Riechlappen, die Streifenhügel und den Balken, nebst dem Gewölbe. Aus der zweiten Blase, dem Zwischenhirn (*Deutopsyche*, *z*), entstehen vor Allem die Sehhügel und die übrigen Theile, welche die sogenannte »dritte Hirnhöhle« umgeben, ferner Trichter, Zirbel u. s. w. Die dritte Blase, das Mittelhirn (*Mesopsyche*, *m*), liefert die kleine Vierhügelgruppe nebst der Sylvischen Wasserleitung. Aus der vierten Blase, dem Hinterhirn (*Metapsyche*, *h*), entwickelt sich der grösste Theil des sogenannten »kleinen Gehirn«, nämlich der mittlere »Wurm« und die beiden seitlichen »kleinen Halbkugeln«. Die fünfte Blase endlich, das Nachhirn (*Epipsyche*, *n*), gestaltet sich zum Nackenmark oder dem »verlängerten Mark« (*Medulla oblongata*), nebst der Rautengrube, den Pyramiden, Oliven u. s. w.

Sicher dürfen wir es als eine vergleichend-anatomische und ontogenetische Thatsache von der allergrössten Bedeutung bezeichnen, dass bei allen Schädelthieren, von den niedersten Cyclostomen und Fischen an bis zu den Affen und zum Menschen hinauf, ganz in derselben Weise das Gehirn ursprünglich beim Embryo sich anlegt. Ueberall bildet eine einfache blasenförmige Auftreibung am vorderen Ende des Markrohrs die erste Anlage des Gehirns. Ueberall entstehen aus dieser einfachen blasenförmigen Auftreibung jene fünf Blasen, und überall entwickelt sich aus jenen fünf primitiven Hirnblasen das bleibende Gehirn mit allen seinen verwickelten anatomischen Einrichtungen, die bei den verschiedenen Wirbelthier-Klassen später so ausserordentlich verschieden erscheinen. Wenn Sie ein reifes Gehirn von einem Fische, einem Amphibium, einem Reptil, einem Vogel und einem Säugethier vergleichen, so werden Sie kaum begreifen, wie man die einzelnen Theile dieser innerlich und äusserlich höchst verschiedenartigen Bildungen auf einander zurückzuführen im Stande sein soll. Und dennoch sind alle diese verschiedenen Cranioten-Gehirne aus ganz derselben Grundform hervorgegangen. Wir brauchen bloss die entsprechenden Entwickelungszustände von Embryonen dieser verschiedenen Thierklassen neben einander zu stellen, um uns von dieser fundamentalen Thatsache zu überzeugen. (Taf. VI und VII, zweite Querreihe.)

Die eingehende Vergleichung der entsprechenden Entwickelungsstufen des Gehirns bei den verschiedenen Schädelthieren ist höchst

lehrreich. Verfolgen wir dieselben durch die ganze Reihe der Cranioten-Klassen hindurch, so überzeugen wir uns bald von folgenden höchst interessanten Thatsachen: Bei den Cyclostomen (den Myxinoiden und Petromyzonten), die wir als die niedersten und ältesten Schädelthiere kennen gelernt haben, erhält sich das ganze Gehirn zeitlebens auf einer sehr tiefen und ursprünglichen Bildungsstufe, die bei den Embryonen der übrigen Cranioten rasch vorübergeht; jene fünf ursprünglichen Hirn-Abschnitte bleiben dort in wenig veränderter Form sichtbar. Bei den Fischen tritt aber schon eine wesentliche und beträchtliche Umbildung der fünf Blasen ein, und zwar ist es offenbar das Gehirn der Urfische oder Selachier (Fig. 228), von welchen einerseits das Gehirn der übrigen Fische, anderseits das Gehirn der Amphibien und weiterhin der höheren Wirbelthiere abgeleitet werden muss. Bei den Fischen und Amphibien (Fig. 229) entwickelt sich be-

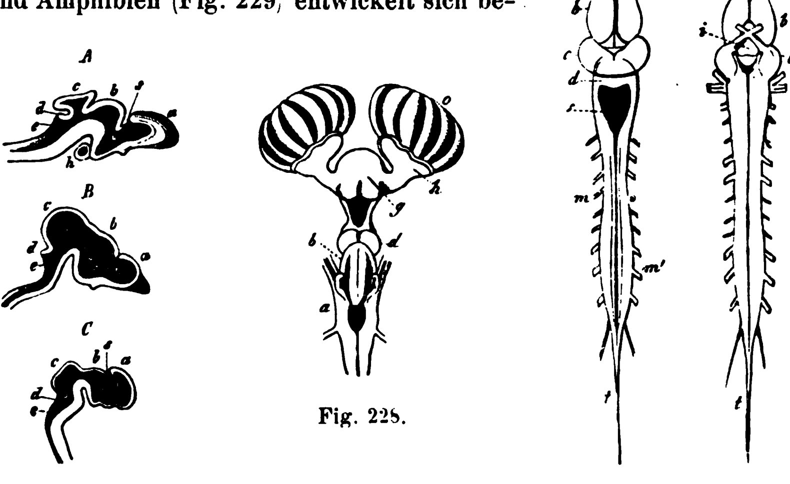


Fig. 227. Fig. 228. Fig. 229.

Fig. 227. Gehirn von drei Schädelthier-Embryonen im senkrechten Längsschnitte: *A* von einem Haifisch (*Heptanchus*), *B* von einer Schlange (*Coluber*), *C* von einer Ziege (*Capra*). *a* Vorderhirn. *b* Zwischenhirn. *c* Mittelhirn. *d* Hinterhirn. *e* Nachhirn. *s* Primitiver Hirnschlitz. Nach GEGENBAUR.

Fig. 228. Gehirn eines Haifisches (*Scyllium*) von der Rückenseite. *g* Vorderhirn. *h* Riechlappen des Vorderhirns, welche die mächtigen Geruchsnerven zu den grossen Nasenkapseln (*o*) senden. *d* Zwischenhirn. *b* Mittelhirn; dahinter die unbedeutende Anlage des Hinterhirns. *a* Nachhirn. Nach BUSCH.

Fig. 229. Gehirn und Rückenmark des Frosches. *A* von der Rückenseite. *B* von der Bauchseite. *a* Riechlappen vor dem *b* Vorderhirn. *i* Trichter an der Basis des Zwischenhirns. *c* Mittelhirn. *d* Hinterhirn. *s* Rautengrube im Nachhirn. *m* Rückenmark (beim Frosche sehr kurz). *m'* abgehende Wurzeln der Rückenmarksnerven. *t* Endfaden des Rückenmarks. Nach GEGENBAUR.

Das grosse Gehirn liegt mehr vorn und oben und zeigt an seiner Oberfläche die bekannten charakteristischen Windungen und Furchen (Fig. 219, 220). **Auf der oberen Seite zerfällt dasselbe durch einen tiefen Längsschlitz in zwei Seitenhälften, die sogenannten grossen Hemisphären; und diese sind durch eine Querbrücke, den sogenannten Balken** (*Corpus callosum*) **mit einander verbunden. Durch einen tiefen Querspalt ist dieses** grosse Gehirn (*Cerebrum*) von dem kleinen (*Cerebellum*) getrennt. **Das letztere liegt mehr** hinten und unten, und zeigt an seiner Oberfläche ebenfalls **zahlreiche,** aber viel feinere und regelmässigere Furchen, dazwischen **gekrümmte** Wülste (Fig. 219 unten). Auch das kleine Gehirn zerfällt durch einen Längseinschnitt in zwei Seitenhälften, die »kleinen Hemisphären«: diese hängen oben durch ein wurmförmiges Mittelstück, den sogenannten Hirnwurm (*Vermis*), unten durch eine Querbrücke (*Pons Varoli*) zusammen (Fig. 219, VI).



Fig. 220.

Die vergleichende Anatomie und Ontogenie lehrt uns nun aber, dass das Gehirn beim Menschen, wie bei allen anderen Schädelthieren, ursprünglich nicht aus z w e i, sondern aus f ü n f verschiedenen, hinter einander gelegenen Hauptbestandtheilen zusammengesetzt ist. Diese treten beim Embryo sämmtlicher Cranioten, von den Cyclostomen und Fischen bis zum Menschen hinauf, ursprünglich ganz in derselben Form auf, nämlich als fünf hinter einander gelegene Blasen. So gleich aber diese erste Anlage, so verschieden ist ihre spätere Aus-

Fig. 220. D a s m e n s c h l i c h e G e h i r n, von der l i n k e n Seite betrachtet (nach H. MEYER). Die Furchen des grossen Gehirns sind durch dicke fette, die Furchen des kleinen Gehirns durch feinere Linien bezeichnet. Unter letzterem ist das Nackenmark sichtbar. f_1—f_3 Stirnwindungen. *C* Centralwindungen. *S* Sylvische Spalte. *T* Schläfenspalte. *Pa* Scheitelläppchen. *An* Winkelläppchen. *Po* Hinterhauptspalte.

bildung. Beim Menschen und bei allen höheren Säugethieren entwickelt sich die erste von diesen fünf Blasen, das Vorderhirn, so übermächtig, dass es im reifen Zustande dem Umfang und Gewicht nach den bei weitem grössten Theil des ganzen Gehirns bildet. Nicht allein die grossen Halbkugeln gehören dazu, sondern auch der mächtige Balken, welcher letztere als Querbrücke verbindet, ferner die Riechlappen, von denen die Geruchsnerven abgehen, sowie die meisten derjenigen Gebilde, welche an der Decke und am Boden der grossen Seitenhöhlen im Inneren der beiden Halbkugeln liegen, so namentlich die grossen Streifenkörper. Hingegen gehören die nach innen zwischen letzteren gelegenen beiden Sehhügel schon zu der zweiten Hauptabtheilung, die sich aus dem Zwischenhirn entwickelt; eben dahin gehören die unpaare dritte Hirnhöhle und die Gebilde, welche als Trichter, grauer Hügel und Zirbel bezeichnet werden. Hinter diesen Theilen finden wir mitten zwischen Grosshirn und Kleinhirn versteckt einen kleinen, aus zwei Paar Höckern zusammengesetzten Knoten, den man wegen einer oberflächlichen, letztere trennenden Kreuzfurche den Vierhügel genannt hat (Fig. 217 *m*, Fig. 218 *v*). Obgleich dieser kleine Vierhügel beim Menschen und den höheren Säugethieren nur sehr unbedeutend ist, bildet er doch einen besonderen dritten Hauptabschnitt, der bei niederen Wirbelthieren umgekehrt vorzugsweise entwickelt ist; das Mittelhirn. Als vierte Hauptabtheilung folgt darauf das Hinterhirn oder das »kleine Gehirn« (*Cerebellum*) im engeren Sinne, mit dem unpaaren mittleren Theile, dem »Wurm«, und den paarigen Seitentheilen, den »kleinen Halbkugeln« (Fig. 217 *c*, 218 *c*). Endlich folgt auf diese als fünfter und letzter Hauptabschnitt das Nackenmark oder das »verlängerte Mark« (*Medulla oblongata*, Fig. 218 *mo*), welches die unpaare vierte Hirnhöhle und die benachbarten Theile (Pyramiden, Oliven, Strangkörper) enthält. Dieses Nackenmark geht unten unmittelbar in das Rückenmark über. Der enge Centralcanal des Rückenmarks setzt sich oben in die rautenförmig erweiterte vierte Hirnhöhle des Nackenmarks fort, deren Boden die Rautengrube bildet. Von da führt ein enger Gang, die sogenannte »Sylvische Wasserleitung«, durch den Vierhügel hindurch zur dritten Hirnhöhle, die zwischen beiden Sehhügeln liegt, und diese steht wieder mit den beiden paarigen Seitenhöhlen in Verbindung, welche rechts und links in den grossen Halbkugeln liegen. So stehen also alle Hohlräume des Centralmarks in unmittelbarer Verbindung. Im Einzelnen haben alle die genannten Theile des Gehirns eine unendlich verwickelte feinere Structur, auf

welche wir hier gar nicht eingehen können und deren Betrachtung für unsere Zwecke hier von untergeordnetem Interesse ist. Nur deshalb ist diese bewunderungswürdige Structur des Gehirns, wie sie sich nur bei dem Menschen und den höheren Wirbelthieren findet, von der grössten Bedeutung, weil dasselbe sich bei sämmtlichen Schädelthieren aus der nämlichen einfachen Grundlage entwickelt, nämlich aus den früher schon gelegentlich erwähnten fünf Hirnblasen (vergl. Taf. VI und VII, p. 290).

Lassen Sie uns nun, ehe wir die individuelle Entwickelung des complicirten Gehirnbaues aus dieser einfachen Blasenreihe in's Auge fassen, zum besseren Verständniss noch einen vergleichenden Seitenblick auf die niederen Thiere werfen, welche kein solches Gehirn besitzen. Da treffen wir schon bei den schädellosen Wirbelthieren, beim Amphioxus, wie Sie bereits wissen, gar kein eigentliches Gehirn an. Das ganze Centralmark bildet hier bloss einen einfachen cylindrischen Strang, welcher der Länge nach durch den Körper hindurchgeht und vorn fast ebenso einfach endet wie hinten: ein einfaches Medullarrohr (Taf. XI, Fig. 15 *m*). Dasselbe einfache Markrohr trafen wir aber bereits in der ersten Anlage bei der Ascidien-Larve an (Taf. X, Fig. 5 *m*), und zwar in derselben charakteristischen Lage, oberhalb der Chorda. Bei genauerer Betrachtung fanden wir sogar schon in diesen beiden, nahe verwandten Thieren eine kleine blasenförmige Anschwellung am vorderen Ende des Markrohrs vor: die erste Andeutung einer Sonderung des Markrohrs in Gehirn (m_1) und Rückenmark (m_2). Wenn wir nun aber anderseits die unleugbare Verwandtschaft der Ascidien mit den übrigen Würmern in Betracht ziehen, so ergiebt sich klar, dass das einfache Centralmark der ersteren dem einfachen Nervenknoten gleichbedeutend ist, welcher bei den niederen Würmern über dem Schlunde liegt und deshalb seit langer Zeit den Namen »Oberschlundknoten« führt (*Ganglion pharyngeum superius*). Bei den Strudelwürmern besteht das ganze Nervensystem nur aus diesem einfachen Knotenpaar, welches auf der Rückenseite des Körpers liegt und von welchem Nervenfäden an die verschiedenen Körpertheile ausstrahlen (Fig. 211 *g*, *n*). Offenbar ist dieser Oberschlundknoten der niederen Würmer die einfache Grundlage, aus der sich das complicirtere Centralmark der höheren Thiere entwickelt hat. Durch Verlängerung des oberen Schlundknotens auf der Rückenseite ist das Markrohr entstanden, welches ausschliesslich den Wirbelthieren und dem Jugendzustande der Ascidien eigenthümlich ist. Hingegen hat sich bei allen übrigen Thieren

das Central-Nervensystem in ganz anderer Weise aus dem oberen Schlundknoten entwickelt; insbesondere ist bei den Gliederthieren daraus ein Schlundring mit Bauchmark entstanden; ebenso bei den gegliederten Ringelwürmern und bei den Sternthieren, die von diesen abgeleitet werden müssen. Auch die Weichthiere haben einen Schlundring, während dieser den Wirbelthieren durchaus fehlt. Bei den Wirbelthieren allein hat eine Fortentwickelung des Centralmarks auf der Rückenseite, bei allen übrigen genannten Thieren hingegen gerade umgekehrt auf der Bauchseite des Körpers stattgefunden.[169])

Steigen wir nun noch tiefer unter die Würmer hinab, so treffen wir auf zahlreiche Thiere, die überhaupt noch kein Nervensystem besitzen, wo vielmehr die Functionen desselben einfach durch die äussere Hautdecke, durch die Zellen des Hautblattes oder Exoderms mit vollzogen werden. Das ist der Fall bei vielen niederen Pflanzenthieren, so namentlich bei allen Schwämmen oder Spongien, ferner bei unserem gemeinen Süsswasser-Polypen, der Hydra. Dasselbe war aber auch sicher bei allen ausgestorbenen Gastraeaden der Fall. Natürlich fehlt das Nervensystem auch sämmtlichen Urthieren, da diese es nicht einmal zur Keimblattbildung bringen.

Fassen wir nun aber die individuelle Entwickelung des Nervensystems beim menschlichen Embryo in's Auge, so haben wir vor Allem von der hochwichtigen, Ihnen bereits bekannten Thatsache auszugehen, dass die erste Anlage desselben durch das einfache Markrohr gebildet wird, welches in der Mittellinie des sohlenförmigen Urkeims sich von dem äussersten Keimblatte abschnürt. Wie Sie sich erinnern werden, entsteht zuerst in der Mitte der sohlenförmigen Keimscheibe die geradlinige Primitivrinne oder Rückenfurche (Fig. 85—87, S. 240). Beiderseits derselben wölben sich die beiden parallelen Rückenwülste oder Markwülste empor. Diese krümmen sich mit ihren freien oberen Rändern gegen einander und verwachsen dann zu dem geschlossenen Markrohr (Fig. 88—93, S. 242—248). Anfangs liegt dieses Medullarrohr unmittelbar unter der Hornplatte: später aber kommt es ganz nach innen zu liegen, indem von rechts und links her die oberen Ränder der Urwirbelplatten zwischen Hornplatte und Markrohr hineinwachsen, sich über letzterem vereinigen und so dasselbe in einen völlig geschlossenen Canal betten. Wie GEGENBAUR sehr treffend bemerkt, »muss diese allmählich erfolgende Einbettung in das Innere des Körpers hierbei als ein mit der fortschreitenden Differenzirung und der damit erlangten höheren Potenzirung erworbener

Achtundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Nerven-Systems.

I. Erste Periode: **Gastraeaden-Mark.**

Das Nervensystem ist noch nicht von der Hautdecke gesondert und wird mit dieser zusammen durch die einfache Zellenschicht des Exoderms oder primären Hautblattes dargestellt; wie noch heutzutage bei der Gastrula des Amphioxus.

II. Zweite Periode: **Urwürmer-Mark.**

Das Central-Nervensystem ist anfänglich noch ein Theil des Hautsinnesblattes, und besteht später aus einem Schlundmark, einem einfachen, oberhalb des Schlundes gelegenen Nervenknoten (wie noch heute bei den niederen Würmern: Oberer Schlundknoten).

III. Dritte Periode: **Chordonier-Mark.**

Das Central-Nervensystem besteht aus einem einfachen Markrohr, einer Verlängerung des oberen Schlundknotens, welche vom Darme durch einen Axenstab (Chorda dorsalis) getrennt ist.

IV. Vierte Periode: **Acranier-Mark.**

Das einfache Markrohr sondert sich in zwei Theile: ein Kopfmark und ein Rückenmark. Das Kopfmark erscheint als eine kleine birnförmige einfache Anschwellung (Urhirn oder erste Anlage des Gehirns, am vorderen Ende des langen cylindrischen Rückenmarks.

V. Fünfte Periode: **Cyclostomen-Mark.**

Die einfache blasenförmige Anlage des Gehirns zerfällt in fünf hinter einander liegende Hirnblasen von einfacher Structur.

VI. Sechste Periode: **Urfisch-Mark.**

Die fünf Hirnblasen differenziren sich in ähnlicher Form, wie sie noch heute bei den Selachiern bleibend besteht.

VII. Siebente Periode: **Amphibien-Mark.**

Die Sonderung der fünf Hirnblasen schreitet zu derjenigen Bildung fort, welche noch heute den Charakter des Amphibien-Hirns bedingt.

VIII. Achte Periode: **Säugethier-Mark.**

Das Gehirn erlangt die charakteristischen Eigenthümlichkeiten, welche die Säugethiere auszeichnen. Als untergeordnete Entwickelungsstufen können hier unterschieden werden: 1) Monotremen-Gehirn, 2) Marsupialien-Gehirn, 3) Halbaffen-Gehirn, 4) Affen-Gehirn, 5) Menschenaffen-Gehirn, 6) Affenmenschen-Gehirn und 7) Menschen-Gehirn.

Neunundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die Entwickelung der Hautdecke und des Nervensystems.

XXIX A: Uebersicht über die Entwickelung der Hautdecke.

Hautdecke (**Derma** oder **Integumentum**).	**Oberhaut** (*Epidermis*) Product des Hautsinnesblattes	Hornschicht der Oberhaut (*Stratum corneum*) Schleimschicht der Oberhaut (*Stratum mucosum*)	**Haare** **Nägel** **Schweissdrüsen** **Thränendrüsen** **Talgdrüsen** **Milchdrüsen**
	Lederhaut (*Corium*) Product des Hautfaserblattes	Faserschicht der Lederhaut (*Cutis*) Fettschicht der Lederhaut (*Subcutis*)	**Bindegewebe** **Fettgewebe** **Glatte Muskeln** **Blutgefässe** **Tastkörperchen und Nerven der Lederhau[t]**

XXIX B: Uebersicht über die Entwickelung des Centralmarks.

Centralmark oder centrales Nervensystem. (**Psyche** oder **Medulla centralis**). Product des Hautsinnesblattes.	I. **Vorderhirn** (*Protopsyche*)	Grosse Halbkugeln	***Hemisphaerae cerebri***
		Riechlappen	***Lobi olfactorii***
		Seitenhöhlen	***Ventriculi laterales***
		Streifenhügel	***Corpora striata***
		Gewölbe	***Fornix***
		Balken	***Corpus callosum***
	II. **Zwischenhirn** (*Deutopsyche*)	Sehhügel	***Thalami optici***
		Dritte Hirnhöhle	***Ventriculus tertius***
		Zirbel	***Conarium***
		Trichter	***Infundibulum***
	III. **Mittelhirn** (*Mesopsyche*)	Vierhügel	***Corpus bigeminum***
		Hirnwasserleitung	***Aquaeductus Sylvii***
		Hirnstiele	***Pedunculi cerebri***
	IV. **Hinterhirn** (*Metapsyche*)	Kleine Halbkugeln	***Hemisphaerae cerebelli***
		Hirnwurm	***Vermis cerebelli***
		Hirnbrücke	***Pons Varolii***
	V. **Nachhirn** (*Epipsyche*)	Pyramiden	***Corpora pyramidalia***
		Oliven	***Corpora olivaria***
		Strangkörper	***Corpora restiformia***
		Vierte Hirnhöhle	***Ventriculus quartus***
	VI. **Rückenmark**	*Notopsyche*	***Medulla spinalis***
Markhüllen (Meninges).	Umhüllende Häute mit den ernährenden Blutgefässen des Gehirns u. Rückenmarks	1. Weiche Markhaut	***Pia mater***
		2. Mittlere Markhaut	***Arachnoidea***
		3. Harte Markhaut	***Dura mater***
		Producte des Hautfaserblattes.	

Einundzwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte der Sinnesorgane.

»Eine systematische Physiologie ruht vorzüglich auf der Entwickelungsgeschichte und kann, wenn diese nicht vollendeter ist, nimmermehr schnell vorrücken; denn sie giebt dem Philosophen den Stoff zur Aufführung eines festen Gebäudes des organischen Lebens. Man sollte daher in der Anatomie und Physiologie jetzt noch mehr, als es geschieht, in ihrem Sinne arbeiten: d. h. man sollte jedes Organ, jeden Stoff und auch jede Thätigkeit nur immer mit der Frage untersuchen: Wie sind sie entstanden?«

Emil Huschke (1832).

Inhalt des einundzwanzigsten Vortrages.

Entstehung der höchst zweckmässig eingerichteten Sinnesorgane ohne vorbedachten Zweck, bloss durch natürliche Züchtung. Die sechs Sinnes-Organe und die sieben Sinnes-Functionen. Ursprüngliche Entstehung aller Sinnesorgane aus der äusseren Hautdecke (aus dem Hautsinnesblatte). Organe des Drucksinnes, Wärmesinnes, Geschlechtssinnes und Geschmackssinnes. Bau des Geruchsorgans. Die blinden Nasengruben der Fische. Die Nasenfurchen verwandeln sich in Nasencanäle. Trennung der Nasenhöhle und Mundhöhle durch das Gaumendach. Bau des Auges. Die primären Augenblasen (gestielte Ausstülpungen des Zwischenhirns). Einstülpung derselben durch die von der Hornplatte abgeschnürten Linsensäckchen. Einstülpung des Glaskörpers. Gefässkapsel und Faserkapsel des Augapfels. Augenlider. Bau des Ohres. Schallempfindungs-Apparat: Labyrinth und Hörnerv. Entstehung des Labyrinthes aus dem primitiven Ohrbläschen (durch Abschnürung von der Hornplatte). Schallleitungs-Apparat: Trommelhöhle, Gehörknöchelchen und Trommelfell. Entstehung derselben aus der ersten Kiemenspalte und ihren Begrenzungstheilen (erstem und zweitem Kiemenbogen). Rudimentäres äusseres Ohr. Die rudimentären Muskeln der Ohrmuschel.

XXI.

Meine Herren!

Zu den wichtigsten und interessantesten Theilen des menschlichen Körpers gehören unstreitig die Sinnesorgane: diejenigen Theile, durch deren Thätigkeit wir allein Kunde von den Objecten der uns umgebenden Aussenwelt erlangen. »Nihil est in intellectu, quod non prius fuerit in sensu.« Sie sind die Urquellen unseres Seelenlebens. Bei keinem anderen Theile des Thierkörpers sind wir im Stande, so ausserordentlich verwickelte und feine anatomische Einrichtungen nachzuweisen, welche für einen bestimmten physiologischen Zweck zusammenwirken; und bei keinem anderen Körpertheile scheinen diese wundervollen und höchst zweckmässigen Einrichtungen zunächst so zur Annahme eines vorbedachten Schöpfungs-Planes zu nöthigen. Daher pflegt man denn auch nach der hergebrachten teleologischen Anschauung hier ganz besonders die sogenannte »Weisheit des Schöpfers« und die zweckmässige Einrichtung seiner »Geschöpfe« zu bewundern. Freilich werden Sie bei reiflicherem Nachdenken finden, dass bei dieser Vorstellung der Schöpfer im Grunde nur die Rolle eines genialen Mechanikers oder eines geschickten Uhrmachers spielt: wie ja überhaupt alle diese beliebten teleologischen Vorstellungen vom Schöpfer und seiner Schöpfung im Grunde auf kindlichen Anthropomorphismen beruhen.

Allerdings müssen wir zugeben, dass auf den ersten Blick für die Erklärung solcher höchst zweckmässigen Einrichtungen jene teleologische Deutung als die einfachste und zusagendste erscheint. Wenn man bloss den Bau und die Functionen der höchst entwickelten Sinnesorgane in's Auge fasst, so scheint für die Erklärung ihrer Entstehung kaum etwas Anderes übrig zu bleiben als die Annahme eines übernatürlichen Schöpfungs-Actes. Dennoch zeigt uns gerade hier die Entwickelungsgeschichte auf das Allerklarste, dass jene übliche Vorstellung grundfalsch ist. An ihrer Hand überzeugen wir uns, dass gleich allen anderen Organen auch die höchst zweckmässig einge-

richteten und bewunderungswürdig zusammengesetzten Sinnesorgane ohne vorbedachten Zweck entstanden sind; entstanden durch denselben mechanischen Process der natürlichen Züchtung, durch dieselbe beständige Wechselwirkung von Anpassung und Vererbung, durch welche auch die übrigen zweckmässigen Einrichtungen der thierischen Organisation »im Kampfe um's Dasein« langsam und stufenweise sich entwickelt haben.

Gleich den meisten anderen Wirbelthieren besitzt auch der Mensch sechs verschiedene Sinnesorgane, die zur Vermittlung von sieben verschiedenen Sinnesempfindungen dienen. Die äussere Hautdecke dient der Empfindung des Druckes (Widerstandes) und der Empfindung der Temperatur (Wärme und Kälte). Dies ist das älteste, niederste und indifferenteste Sinnesorgan; es erscheint über die Oberfläche des ganzen Körpers verbreitet. Die übrigen Sinnesthätigkeiten sind lokalisirt. Der Geschlechtssinn ist an die Hautdecke der äusseren Geschlechtsorgane gebunden, ebenso wie der Geschmackssinn an die Schleimhaut der Mundhöhle (Zunge und Gaumen) und der Geruchssinn an die Schleimhaut der Nasenhöhle. Für die beiden höchsten und am weitesten differenzirten Sinnesorgane bestehen besondere, höchst verwickelte mechanische Einrichtungen, das Auge für den Gesichtssinn und das Ohr für den Gehörsinn.

Die vergleichende Anatomie und Physiologie zeigt uns, dass bei den niederen Thieren differenzirte Sinnesorgane gänzlich fehlen und alle Sinnes-Empfindungen durch die äussere Oberfläche der Hautdecke vermittelt werden. Das indifferente Hautblatt oder Exoderm der Gastraea ist die einfache Zellenschicht, aus der sich die differenten Sinnesorgane sämmtlicher Darmthiere, und also auch der Wirbelthiere, ursprünglich entwickelt haben. Ausgehend von der Erwägung, dass nothwendig nur die oberflächlichsten, mit der Aussenwelt in unmittelbarer Berührung befindlichen Körpertheile die Entstehung der Sinnesempfindungen vermitteln konnten, werden wir schon von vorn herein vermuthen dürfen, dass auch die Sinnesorgane eben dorther ihren Ursprung genommen haben. Das ist auch in der That der Fall. Der wichtigste Theil aller Sinnesorgane entsteht aus dem äussersten Keimblatte, aus dem Hautsinnesblatte, theils unmittelbar aus der Hornplatte, theils aus dem Gehirn, dem vordersten Theile des Medullarrohrs, nachdem sich dasselbe von der Hornplatte abgeschnürt hat. Wenn wir die individuelle Entwickelung der verschiedenen Sinnesorgane vergleichen, so sehen wir, dass sie alle zuerst in der denkbar

einfachsten Gestalt auftreten: erst ganz allmählich bilden sich Schritt für Schritt die wundervollen Vervollkommnungen, durch welche schliesslich die höheren Sinnesorgane zu den merkwürdigsten und complicirtesten Einrichtungen des Organismus sich gestalten. Ursprünglich aber sind alle Sinnesorgane weiter Nichts, als Theile der äusseren Hautdecke, in welchen Empfindungs-Nerven sich ausbreiten. Diese Nerven selbst waren ursprünglich von gleicher, indifferenter Natur. Erst allmählich haben sich durch Arbeitstheilung die verschiedenen Leistungen oder »specifischen Energien« der verschiedenen Sinnes-Nerven entwickelt. Zugleich haben sich die einfachen Endausbreitungen derselben in der Hautdecke zu höchst zusammengesetzten Organen ausgebildet.

Welche ausserordentliche Tragweite diese historischen Thatsachen für die richtige Beurtheilung des Seelenlebens besitzen, werden Sie leicht einsehen. Die ganze Philosophie der Zukunft wird eine andere Gestalt gewinnen, sobald die Psychologie sich mit diesen genetischen Erscheinungen genau bekannt gemacht und dieselben zur Basis ihrer Speculationen erhoben haben wird. Wenn man unbefangen die Lehrbücher der Psychologie prüft, welche von den namhaftesten speculativen Philosophen verfasst sind, und welche heute noch in allgemeiner Geltung stehen, so muss man über die Naivetät erstaunen, mit welcher deren Verfasser ihre luftigen metaphysischen Speculationen vortragen, unbekümmert um alle die bedeutungsvollen ontogenetischen Thatsachen, durch welche dieselben auf das Klarste widerlegt werden. Und doch liefert hier die Entwickelungsgeschichte, im Verein mit der mächtig vorgeschrittenen vergleichenden Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane, der natürlichen Seelenlehre die einzige sichere Grundlage!

Mit Bezug auf die Endausbreitungen der Sinnesnerven können wir die menschlichen Sinnesorgane in drei Gruppen bringen, welche drei verschiedenen Entwickelungsstufen entsprechen. Die erste Gruppe umfasst diejenigen Sinnesorgane, deren Nerven sich ganz einfach in der freien Oberfläche der Hautdecke selbst ausbreiten (Organe des Drucksinnes, Wärmesinnes und Geschlechtssinnes). Bei der zweiten Gruppe breiten die Nerven sich auf der Schleimhaut von Höhlen aus, welche ursprünglich Gruben oder Einstülpungen der Hautdecke sind (Organe des Geschmackssinnes und Geruchssinnes). Die dritte Gruppe endlich bilden diejenigen, höchst entwickelten Sinnesorgane, deren Nerven sich auf einer inneren, von der Hautdecke abgeschnürten Blase ausbreiten (Organe des Gesichtssinnes und Gehörsinnes). Dieses

bemerkenswerthe genetische Verhältniss wird durch folgende Zu-
sammenstellung übersichtlich werden.

Drei Gruppen	Sinnes-Organe	Sinnes-Nerven	Sinnes-Functionen
A. Sinnesorgane, deren Nerven-Endausbreitung in der Oberfläche der äusseren Hautdecke erfolgt.	I. Hautdecke (Oberhaut und Lederhaut)	I. Hautnerven (*Nervi cutanei*)	1. Drucksinn 2. Wärmesinn
	II. Aeussere Geschlechtstheile (Penis und Clitoris)	II. Geschlechtsnerven (*Nervi pudendi*)	3. Geschlechtssinn
B. Sinnesorgane, deren Nerven-Endausbreitung in eingestülpten Gruben der äusseren Hautdecke erfolgt.	III. Schleimhaut der Mundhöhle (Zunge und Gaumen)	III. Geschmacksnerv (*Nervus glossopharyngeus*)	4. Geschmacksinn
	IV. Schleimhaut der Nasenhöhle	IV. Geruchsnerv (*N. olfactorius*)	5. Geruchssinn
C. Sinnesorgane, deren Nerven-Endausbreitung auf Blasen erfolgt, die von der äusseren Hautdecke abgeschnürt sind.	V. Auge	V. Sehnerv (*N. opticus*)	6. Gesichtssinn
	VI. Ohr	VI. Gehörnerv (*N. acusticus*)	7. Gehörsinn

Von der Entwickelungsgeschichte der niederen Sinnesorgane hab
ich Ihnen sehr wenig zu sagen. Diejenige der **Hautdecke**, welche
das Organ des **Drucksinnes** (Tastsinnes) und des **Wärmesinnes**
ist, kennen Sie bereits (S. 536). Ich hätte höchstens noch nachzu-
tragen, dass sich in der Lederhaut des Menschen, wie aller höheren
Wirbelthiere, zahllose mikroskopische Sinnes-Organe entwickel
deren nähere Beziehung zu den Empfindungen des Druckes od
Widerstandes, der Wärme und Kälte aber noch nicht ermittelt i
Solche Organe, in oder auf denen sensible Hautnerven endigen, si
die sogenannten »Tastkörperchen« und die nach ihrem Entdeck
PACINI benannten »Pacinischen Körperchen«. Aehnliche Körperch
finden wir auch in den Organen des **Geschlechtssinnes**, in de
Penis des Mannes und der Clitoris des Weibes: Fortsätzen der Hau
decke, deren Entwickelung wir später im Zusammenhang mit d
jenigen der übrigen Geschlechtsorgane betrachten werden. Die E
wickelung des **Geschmacksorganes**, der Zunge und des Ga
mens, werden wir ebenfalls später in Betracht ziehen, zusammen

derjenigen des Darmcanals, zu welchem diese Theile gehören. Nur das will ich hier schon ausdrücklich hervorheben, dass auch die Schleimhaut der Zunge und des Gaumens, in welcher der Geschmacksnerv endigt, ihrem Ursprunge nach ein Theil der äusseren Hautdecke ist. Denn wie Sie bereits wissen, entsteht ja die ganze Mundhöhle nicht als ein Theil des eigentlichen Darmrohrs, sondern als eine grubenförmige Einstülpung der äusseren Haut (S. 272). Ihre Schleimhaut wird daher nicht vom Darmblatte, sondern vom Hautblatte gebildet, und die Geschmackszellen an der Oberfläche der Zunge und des Gaumens sind nicht Abkömmlinge des Darmdrüsenblattes, sondern des Hautsinnesblattes.

Dasselbe gilt von der Schleimhaut des Geruchsorganes, der Nase. Doch ist die Entwickelungsgeschichte dieses Sinnesorganes von weit höherem Interesse. Obgleich unsere Nase bei äusserer Betrachtung einfach und unpaar erscheint, so besteht sie doch beim Menschen, wie bei allen höheren Wirbelthieren, aus zwei völlig getrennten Hälften, aus einer rechten und einer linken Nasenhöhle. Beide Höhlen sind durch eine senkrechte Nasenscheidewand vollständig von einander geschieden, so dass wir durch das rechte äussere Nasenloch nur in die rechte und durch das linke Nasenloch nur in die linke Nasenhöhle gelangen können. Hinten münden beide Nasenhöhlen getrennt durch die beiden hinteren Nasenöffnungen oder die sogenannten »Choanen« in den Schlundkopf ein, so dass man direct durch die Nasengänge in den Schlund gelangen kann, ohne die Mundhöhle zu berühren. Das ist der gewöhnliche Weg der geathmeten Luft, die bei geschlossenem Munde durch die Nasengänge in den Schlund und von da durch die Luftröhre in die Lungen dringt. Von der Mundhöhle sind beide Nasenhöhlen durch das horizontale knöcherne Gaumendach getrennt, an welches sich hinten (wie ein herabhängender Vorhang) das weiche Gaumensegel mit dem Zäpfchen anschliesst. Im oberen und hinteren Theile der beiden Nasenhöhlen breitet sich auf der Schleimhaut, die sie tapetenartig auskleidet, der Geruchsnerv aus (*Nervus olfactorius*). Das ist das erste Hirnnervenpaar, welches aus der Schädelhöhle oben durch das Siebbein hervortritt. Die Ausbreitung seiner Aeste geschieht theils auf der Scheidewand, theils auf den inneren Seitenwänden der Nasenhöhlen, an welchen die sogenannten »Muscheln«, complicirte Knochenbildungen, angebracht sind. Diese Riech-Muscheln sind bei vielen höheren Säugethieren viel stärker entwickelt als beim Menschen. Bei allen Säugethieren sind jederseits drei Muscheln vorhanden. Die Geruchsempfin-

dung entsteht dadurch, dass der Luftstrom, welcher riechbare Stoffe enthält, über die Schleimhaut der Höhlen herüberstreicht und dort Nerven-Endigungen berührt.

Die charakteristischen Eigenthümlichkeiten, durch welche sich das Geruchsorgan der Säugethiere von demjenigen der niederen Wirbelthiere unterscheidet, besitzt auch der Mensch. In allen speciellen Beziehungen gleicht unsere menschliche Nase vollkommen derjenigen der catarhinen Affen, von denen einige sich sogar durch eine ganz menschliche äussere Nase auszeichnen (vergl. das Gesicht des Nasenaffen, Fig. 202, S. 515). Die erste Anlage des Geruchsorganes im menschlichen Embryo lässt jedoch die zukünftige edle Gestalt unserer Catarhinen-Nase in keiner Weise ahnen. Vielmehr tritt dieselbe in derjenigen Form auf, in welcher das Geruchsorgan bei den Fischen zeitlebens verharrt, nämlich in Gestalt von ein Paar einfachen Hautgrübchen an der äusseren Oberfläche des Kopfes. Bei allen Fischen finden wir oben am Kopfe zwei solche einfache, blinde Geruchsgruben vor: bald liegen sie mehr oben, in der Nähe der Augen, bald mehr vorn an der Schnauzenspitze, bald mehr unten, in der Nähe der Mundspalte (Fig. 191 *n*, S. 467). Sie sind mit einer faltigen Schleimhaut ausgekleidet, auf welcher sich die Endäste der Geruchsnerven ausbreiten.

In dieser ursprünglichsten Anlage hat die paarige Nase aller Amphirhinen (S. 457) mit der primitiven Mundhöhle gar keine Verbindung. Aber schon bei einem Theile der Urfische beginnt sich später eine solche Verbindung zu bilden, indem eine oberflächliche Hautfurche jederseits von der Nasengrube zu dem benachbarten Mundwinkel zieht. Diese Furche, die Nasenrinne oder Nasenfurche (Fig. 231 *r*) ist von grosser Bedeutung. Bei manchen Haifischen, z. B. bei *Scyllium*, legt sich ein besonderer Fortsatz der Stirnhaut, die Nasenklappe oder der »innere Nasenfortsatz«, von innen her über die Nasenrinne herüber (*n*, *n'*). Diesem gegenüber erhebt sich der äussere

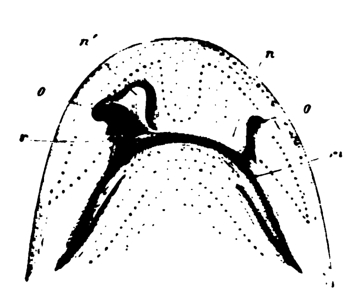


Fig. 231.

Fig. 231. Kopf eines Haifisches *Scyllium* von der Bauchseite. *m* Mundspalte. *o* Riechgruben. *r* Nasenrinne. *n* Nasenklappe in natürlicher Lage. *n'* Nasenklappe aufgeschlagen. Die Punkte sind Mündungen der Schleimcanäle.) Nach GEGENBAUR.

Rand der Furche als »äusserer Nasenfortsatz«. Indem bei den Dipneusten und Amphibien die beiden Nasenfortsätze über der Nasenrinne sich begegnen und verwachsen, wird letztere in einen Canal, den »Nasencanal«, verwandelt. Wir können nunmehr von den äusseren Nasengruben aus durch die Nasencanäle direct in die Mundhöhle gelangen, die ganz unabhängig von ersteren sich gebildet hatte. Bei den Dipneusten und niederen Amphibien liegt die innere Oeffnung der Nasencanäle weit vorn (hinter den Lippen), bei den höheren Amphibien weiter hinten. Endlich bei den drei höchsten Wirbelthier-Klassen, bei den Amnioten, zerfällt die primäre Mundhöhle durch die Ausbildung des horizontalen Gaumendaches in zwei gänzlich getrennte Hohlräume, die obere (secundäre) Nasenhöhle und die untere (secundäre) Mundhöhle. Die Nasenhöhle wiederum zerfällt durch die Ausbildung der verticalen Nasenscheidewand in zwei getrennte Hälften, eine rechte und eine linke Nasenhöhle.

Die vergleichende Anatomie zeigt uns so noch heutzutage in der Stufenleiter der paarnasigen Wirbelthiere, von den Fischen bis zum Menschen aufwärts, alle die verschiedenen Entwickelungsstufen der Nase neben einander, welche das höchst entwickelte Geruchsorgan der höheren Säugethiere im Laufe seiner Stammesgeschichte nach einander in verschiedenen Perioden zu durchlaufen hatte. In derselben einfachsten Form, in welcher die paarige Fischnase zeitlebens verharrt, wird zuerst das Geruchsorgan beim Embryo des Menschen und aller höheren Wirbelthiere angelegt. Es entstehen nämlich sehr frühzeitig, noch bevor eine Spur von der charakteristischen Gesichtsbildung des Menschen zu erblicken ist, vorn am Kopfe vor der ursprünglichen Mundhöhle ein paar kleine Grübchen, welche zuerst Baer entdeckt und ganz richtig als »Riechgruben« gedeutet hat (Fig. 232 *n*, 233 *n*). Diese primitiven Nasengrübchen sind ganz getrennt von der primitiven Mundhöhle oder Mundbucht, die, wie Sie sich erinnern, ebenfalls als eine grubenförmige Vertiefung der äusseren Hautdecke, vor dem blinden Vorderende des Darmrohres entsteht (S. 292). Sowohl die paarigen Nasengrübchen als die unpaare Mundgrube (Fig. 235 *m*) sind von der Hornplatte ausgekleidet. Die ursprüngliche Trennung der ersteren von der letzteren wird aber bald aufgehoben, indem zunächst oberhalb der Mundgrube ein Fortsatz sich bildet, der Stirnfortsatz (Fig. 235 *st*) (Rathke's »Nasenfortsatz der Stirnwand«). Rechts und links springt der Rand desselben in Form von zwei seitlichen Fortsätzen vor: das sind die inneren Nasenfortsätze oder Nasenklappen (Fig. 235 *in*). Ihnen gegen-

über erhebt sich ein paralleles Riff zwischen dem Auge und dem Nasengrübchen jederseits. Das sind die **äusseren Nasenfortsätze** oder RATHKE's »Nasendächer« (Fig. 235 *an*). Zwischen dem

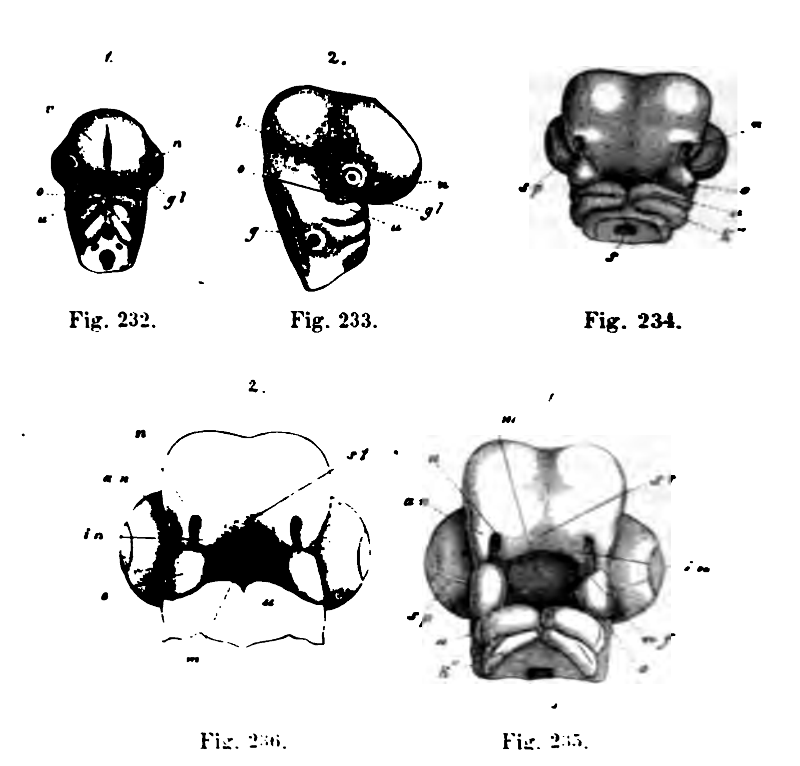


Fig. 232. Fig. 233. Fig. 234.

Fig. 236. Fig. 235.

inneren und äusseren Nasenfortsatze entsteht so jederseits eine rinnenförmige Vertiefung, welche von dem Nasengrübchen gegen die Mundgrube *m* hinführt, und diese Rinne ist, wie Sie schon errathen können, dieselbe Nasenfurche oder Nasenrinne, die wir vorher schon beim Haifisch betrachtet haben (Fig. 231 *r*). Indem die beiden paral-

Fig. 232, 233. Kopf eines Hühner-Embryo vom dritten Brütetage. 232 von vorn, 233 von der rechten Seite. *n* Nasen-Anlage (Geruchs-Grübchen). *l* Augen-Anlage (Gesichts-Grübchen). *g* Ohr-Anlage (Gehör-Grübchen). *v* Vorderhirn. *gl* Augenspalte. *o* Oberkieferfortsatz, *u* Unterkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens.

Fig. 234. Kopf eines Hühner-Embryo vom vierten Brütetage, von unten. *n* Nasengrube. *o* Oberkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens. *u* Unterkieferfortsatz desselben. *k''* zweiter Kiemenbogen. *sp* Chorioidal-Spalte des Auges. *s* Schlund.

Fig. 235, 236. Zwei Köpfe von Hühner-Embryonen. 235 vom Ende des vierten, 236 vom Anfang des fünften Brütetages. Buchstaben wie in Fig. 234. Ausserdem: *in* innerer, *an* äusserer Nasenfortsatz, *nf* Nasenfurche, *st* Stirnfortsatz, *m* Mundhöhle. Nach KÖLLIKER. Fig. 232—236 sind bei derselben Vergrösserung gezeichnet.

lelen Ränder des inneren und äusseren Nasenfortsatzes sich gegeneinander wölben und über der Nasenrinne zusammenwachsen, verwandelt sich letztere in ein Röhrchen, den primitiven »Nasencanal«. Die Nase des Menschen und aller anderen Amnioten besteht also in diesem Stadium der Ontogenese aus ein Paar engen Röhrchen, den »Nasencanälen«, die von der äusseren Oberfläche der Stirnhaut in die einfache primitive Mundhöhle hineinführen. Dieser vorübergehende Zustand ist gleich demjenigen, auf welchem die Nase der Dipneusten oder Amphibien zeitlebens stehen bleibt. (Vergl. Taf. I, Titelblatt, nebst Erklärung.)

Von wesentlicher Bedeutung für die Verwandlung der offenen Nasenrinne in den geschlossenen Nasencanal ist ein zapfenförmiges Gebilde, welches von unten her den unteren Enden der beiden Nasenfortsätze jederseits entgegenwächst und sich mit ihnen vereinigt. Das ist der Oberkieferfortsatz (Fig. 232 *o*—236 *o*; Taf. I *o*). Unterhalb der Mundgrube nämlich liegen die Ihnen bereits bekannten Kiemenbogen, welche durch die Kiemenspalten von einander getrennt sind (Taf. I, VI und VII *k*). Der erste von diesen Kiemenbogen, welcher für uns jetzt der wichtigste ist, und den wir den Kieferbogen nennen können, entwickelt das Kiefergerüst des Mundes (Taf. I *u*). Oben an der Basis wächst zunächst aus diesem ersten Kiemenbogen ein kleiner Fortsatz nach vorn hervor; das ist eben der Oberkieferfortsatz. Der erste Kiemenbogen selbst entwickelt einen Knorpel an seiner inneren Seite, den nach seinem Entdecker so genannten »Meckel'schen Knorpel«, auf dessen Aussenfläche sich der Unterkiefer bildet (Fig. 232 *u*—236 *u*). Der Oberkieferfortsatz bildet den wichtigsten Theil des ganzen Oberkiefergerüstes: das Gaumenbein und Flügelbein. An seiner Aussenseite entsteht später das Oberkieferbein im engeren Sinne, während der mittlere Theil des Oberkiefergerüstes, der Zwischenkiefer, aus dem vordersten Theile des Stirnfortsatzes hervorwächst. (Vergl. die Entwickelung des Gesichts auf Taf. I.)

Für die weitere charakteristische Ausbildung des Gesichts der drei höchsten Wirbelthier-Klassen sind die beiden Oberkieferfortsätze von der grössten Bedeutung. Denn von ihnen aus wächst in die einfache primitive Mundhöhle hinein jene wichtige horizontale Scheidewand, das Gaumendach, durch welches die erstere in zwei ganz getrennte Höhlen geschieden wird. Die obere Höhle, in welche die beiden Nasencanäle einmünden, entwickelt sich nunmehr zur Nasenhöhle, zum respiratorischen Luftwege und zum Geruchsorgan. Die untere Höhle hingegen bildet für sich allein die blei-

bende secundäre Mundhöhle (Fig. 237 *m*): den digestiven Speiseweg und das Geschmacksorgan. Hinten mündet sowohl die obere Geruchshöhle als die untere Geschmackshöhle in den Schlund (*Pharynx*). Das Gaumendach, das beide Höhlen trennt, entsteht also durch Zusammenwachsen aus zwei seitlichen Hälften, den horizontalen Platten der beiden Oberkieferfortsätze oder den »Gaumenplatten« (Fig. 237 *p*). Wenn diese bisweilen nicht völlig in der Mitte zur Verwachsung gelangen, bleibt eine Längsspalte bestehen, durch die man direct aus der Mundhöhle in die Nasenhöhle gelangen kann. Das ist der sogenannte »Wolfsrachen«. Die sogenannte »Hasenscharte« und »Lippenspalte« ist ein geringerer Grad solcher Bildungshemmung.[116]

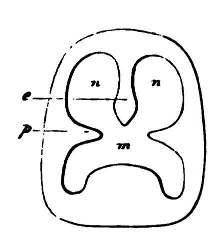


Fig. 237.

Gleichzeitig mit der horizontalen Scheidewand des Gaumendaches entwickelt sich eine senkrechte Scheidewand, durch welche die einfache Nasenhöhle in zwei Abschnitte zerfällt, in eine rechte und eine linke Hälfte (Fig. 237 *n*, *n*). Die verticale Nasenscheidewand (*e*) wird von dem Mittelblatt des Stirnfortsatzes gebildet: oben entsteht daraus durch Verknöcherung die verticale Lamelle des Siebbeins, unten die grosse knöcherne senkrechte Scheidewand: die Pflugschar (*Vomer*) und vorn der Zwischenkiefer (*Os intermaxillare*). Dass der letztere beim Menschen gerade so wie bei den übrigen Schädelthieren als selbstständiger Knochen zwischen beiden Oberkiefer-Hälften entsteht, hat zuerst GOETHE nachgewiesen. Die senkrechte Nasenscheidewand verwächst schliesslich mit dem wagerechten Gaumendache. Nunmehr sind beide Nasenhöhlen ebenso von einander völlig getrennt, wie von der secundären Mundhöhle. Nur hinten münden alle drei Höhlen in den Schlundkopf (*Pharynx*) oder die Rachenhöhle ein.

Somit hat die paarige Nase jetzt diejenige charakteristische Ausbildung erlangt, welche der Mensch mit allen übrigen Säugethieren theilt. Die weitere Entwickelung ist nun sehr leicht zu verstehen: sie beschränkt sich auf die Bildung von inneren und äusseren Fortsätzen der Wände beider Nasenhöhlen. Innerhalb der Höhlen entwickeln sich die Muscheln, schwammige Knochenstücke, auf denen

---

Fig. 237. Schematischer Querschnitt durch die Mund-Nasenhöhle. Während die Gaumenplatten *p* die ursprüngliche Mundhöhle in untere secundäre Mundhöhle (*m*) und obere Nasenhöhle scheiden, zerfällt letztere durch die senkrechte Nasenscheidewand (*e*) in zwei getrennte Hälften (*n*, *n*). Nach GEGENBAUR.

sich die Geruchsschleimhaut ausbreitet. Vom grossen Gehirn her wächst der erste Gehirnnerv, der Riechnerv, mit seinen feinen Aesten durch das obere Dach der beiden Nasenhöhlen in dieselben herab und breitet sich auf der Geruchsschleimhaut aus. Zugleich entwickeln sich durch Ausbuchtung der Nasenschleimhaut die später mit Luft gefüllten Nebenhöhlen der Nase, welche mit den beiden Nasenhöhlen in offener Verbindung stehen (Stirnhöhlen, Keilbeinhöhlen, Kieferhöhlen u. s. w.). Sie kommen in dieser eigenthümlichen Entwickelung nur den Säugethieren zu. [171])



Fig. 238.



Fig. 239.

Erst nachdem alle diese wesentlichen inneren Theile des Geruchs-Organs angelegt sind, entsteht viel später auch die äussere Nase. Ihre ersten Spuren zeigen sich beim menschlichen Embryo um die Mitte des zweiten Monats (Fig. 238 bis 240). Wie Sie sich an jedem menschlichen Embryo aus dem ersten Monate überzeugen können, ist anfangs von der äusseren Nase noch keine Spur vorhanden. Erst später wächst dieselbe von hinten nach vorn hervor, aus dem vordersten Nasentheile des Urschädels. Erst sehr spät entsteht diejenige



Fig. 240.

Fig. 238—239. Oberkörper eines menschlichen Embryo von 16 Mm. Länge aus der sechsten Woche; Fig. 238 von der linken Seite; Fig. 239 von vorn. Die Entstehung der Nase und der Oberlippe aus zwei seitlichen, ursprünglich getrennten Hälften ist noch deutlich zu sehen. Nase und Oberlippe sind unverhältnissmässig gross im Verhältniss zum übrigen Gesicht und besonders zur Unterlippe. (Nach Kollmann.)

Fig. 240. Gesicht eines menschlichen Embryo von acht Wochen. Nach Ecker. (Vergl. Taf. I, Titelbild, Fig. Mi—Miii).

Dreissigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte der menschlichen Nase.

I. Erste Periode: **Aeltere Urfisch-Nase.**

Die Nase wird durch ein paar einfache Hautgruben (Nasengruben) an der Oberfläche des Kopfes gebildet (wie noch heute bleibend bei den niederen Selachiern).

II. Zweite Periode: **Jüngere Urfisch-Nase.**

Die beiden blinden Nasengruben treten jederseits durch eine Furche (Nasenrinne) mit dem Mundwinkel in Verbindung (wie noch heute bleibend bei den höheren Selachiern).

III. Dritte Periode: **Dipneusten-Nase.**

Die beiden Nasenrinnen verwandeln sich durch Verwachsung ihrer Ränder in geschlossene Canäle (primäre Nasencanäle), welche ganz vorn noch innerhalb des weichen Lippenrandes, in die primäre Mundhöhle münden (wie noch heute bleibend bei den Dipneusten und den älteren, niederen Amphibien, den Sozobranchiern).

IV. Vierte Periode: **Amphibien-Nase.**

Die inneren Mündungen der Nasencanäle rücken weiter nach hinten in die primäre Mundhöhle, so dass sie von festen Skelettheilen der Kiefer umgrenzt werden (wie noch heute bleibend bei den höheren Amphibien).

V. Fünfte Periode: **Protamnien-Nase.**

Die primitive Mundhöhle, in welche beide Nasencanäle einmünden, zerfällt durch Ausbildung einer horizontalen Scheidewand (des Gaumendaches) in eine obere Nasenhöhle und untere (secundäre) Mundhöhle. Die Bildung der Nasenmuscheln beginnt (bei den ältesten Amnionthieren).

VI. Sechste Periode: **Aeltere Säugethier-Nase.**

Die einfache Nasenhöhle zerfällt durch Ausbildung einer verticalen Scheidewand (der Pflugscharwand) in zwei getrennte Nasenhöhlen, von denen jede den Nasencanal ihrer Seite aufnimmt (wie noch heute bei allen Säugethieren). Die Nasenmuscheln sondern sich.

VII. Siebente Periode: **Jüngere Säugethier-Nase.**

In den beiden Nasenhöhlen erfolgt die weitere Ausbildung der Nasenmuscheln und es beginnt sich eine äussere Nase zu bilden.

VIII. Achte Periode: **Catarhine Affen-Nase.**

Innere und äussere Nase erreichen die eigenthümliche Ausbildung, wie sie nur den catarhinen Affen und dem Menschen zukommt.

Nasenform, welche charakteristisch für den Menschen sein soll. Man pflegt auf die Gestalt der äusseren Nase, als ein edles, dem Menschen ausschliesslich zukommendes Organ, besonderes Gewicht zu legen. Allein es giebt auch Affen, welche vollständige Menschennasen besitzen, wie namentlich der schon angeführte Nasenaffe. Anderseits erreicht die äussere Nase, deren schöne Form so äusserst wichtig für die Schönheit der Gesichtsbildung ist, bekanntlich bei vielen niederen Menschen-Rassen eine Gestaltung, welche nichts weniger als schön ist. Auch bei den meisten Affen bleibt die äussere Nasenbildung zurück. Besonders bemerkenswerth ist die schon angeführte wichtige Thatsache, dass nur bei den Affen der alten Welt, bei den Catarhinen, die Nasenscheidewand so schmal bleibt, wie beim Menschen, während bei den Affen der neuen Welt die Nasenscheidewand sich nach unten stark verbreitert und dadurch die Nasenlöcher nach aussen treibt (Platyrhinen, S. 515).

Nicht minder merkwürdig und lehrreich als die Entwickelungsgeschichte der Nase ist diejenige des Auges. Denn obgleich dasselbe durch seine vollendete optische Einrichtung und seine bewunderungswürdige Zusammensetzung zu den complicirtesten und zweckmässigsten Organen gehört, entwickelt es sich dennoch ohne jeden vorbedachten Zweck aus einer einfachsten Anlage der äusseren Hautdecke. Das ausgebildete Auge des Menschen bildet eine kugelige Kapsel, den Augapfel (*Bul-*

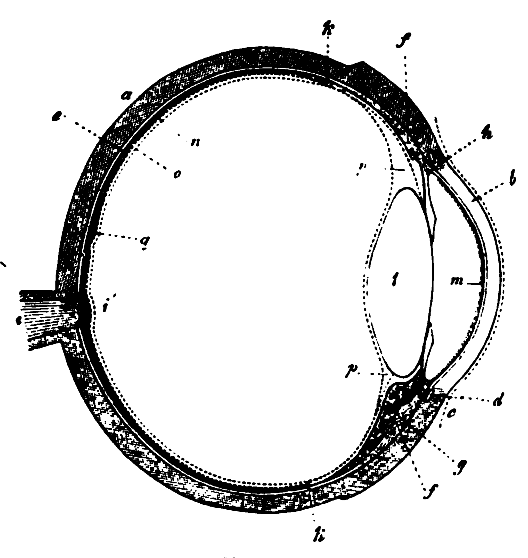


Fig. 241.

Fig. 241. Das menschliche Auge im Querschnitt. *a* Schutzhaut (*Sclerotica*). *b* Hornhaut (*Cornea*). *c* Oberhaut (*Conjunctiva*). *d* Ringvene der Iris. *e* Aderhaut (*Chorioidea*). *f* Ciliar-Muskel. *g* Faltenkranz (*Corona ciliaris*). *h* Regenbogenhaut (*Iris*). *i* Sehnerv (*Nervus opticus*). *k* vorderer Grenzrand der Netzhaut. *l* Krystall-Linse (*Lens crystallina*). *m* innerer Ueberzug der Hornhaut (Wasserhaut: *Membrana Descemeti*). *n* Pigmenthaut (*Pigmentosa*). *o* Netzhaut (*Retina*). *p* Petits-Canal. *q* gelber Fleck der Netzhaut. Nach Helmholtz.

bus, Fig. 241). Dieser liegt, umgeben von schützendem Fett und von bewegenden Muskeln, in der knöchernen Augenhöhle des Schädels. Der grösste Theil des Augapfels wird von einer halbflüssigen, wasserklaren Gallertmasse eingenommen, dem Glaskörper (*Corpus vitreum*). In die vordere Fläche des Glaskörpers ist die Linse oder Krystalllinse eingebettet (Fig. 241 *l*). Das ist ein linsenförmiger, biconvexer, durchsichtiger Körper, das wichtigste von den lichtbrechenden Medien des Auges. Zu diesen gehört ausser der Linse und dem Glaskörper auch das vor der Linse befindliche Augenwasser oder die wässerige Augenflüssigkeit (*Humor aqueus*; da wo in Fig. 241 der Buchstabe *m* steht). Diese drei wasserklaren lichtbrechenden Medien, Glaskörper, Linse und Augenwasser, durch welche die in das Auge einfallenden Lichtstrahlen gebrochen und gesammelt werden, sind von einer festen kugeligen Kapsel umschlossen, die aus mehreren sehr verschiedenartigen Häuten zusammengesetzt ist, vergleichbar den concentrischen Umhüllungshäuten einer Zwiebel. Die äusserste und zugleich die dickste von diesen Umhüllungen bildet die weisse Schutzhaut des Auges (*Sclerotica, a*). Sie besteht aus festem und derbem, weissen Bindegewebe. Vorn, vor der Linse, ist in die weisse Schutzhaut eine kreisrunde, stark vorgewölbte, durchsichtige Platte wie ein Uhrglas eingefügt: die Hornhaut (*Cornea, b*). An der äusseren Oberfläche ist die Hornhaut von einem sehr dünnen Ueberzuge der äusseren Oberhaut (*Epidermis*) bedeckt: dieser Ueberzug heisst die Bindehaut (*Conjunctiva*): er geht von der Hornhaut aus auf die innere Fläche der beiden Augenlider über, die obere und untere Hautfalte, welche wir beim Schliessen der Augen über dieselben hinwegziehen. Am inneren Winkel unseres Auges findet sich als rudimentäres Organ noch der Rest eines dritten (inneren) Augenlides, welches als »Nickhaut« bei niederen Wirbelthieren sehr entwickelt ist (S. 89). Unter dem oberen Augenlide versteckt liegen die Thränendrüsen, deren Product, die Thränenflüssigkeit, die äussere Augenfläche glatt und rein erhält.

Unmittelbar unter der Schutzhaut finden wir eine zarte, dunkelrothe, an Blutgefässen sehr reiche Haut: die Aderhaut (*Chorioidea, e*); und nach innen von dieser die Netzhaut oder *Retina* (*o*), die Ausbreitung des Sehnerven (*i*). Dieser letztere ist der zweite Hirnnerv. Er tritt von den Sehhügeln (der zweiten Hirnblase) an das Auge heran, durchbohrt dessen äussere Hüllen und breitet sich dann zwischen Aderhaut und Glaskörper als Netzhaut aus. Zwischen der Netzhaut und der Aderhaut liegt noch eine besondere sehr zarte Haut,

die gewöhnlich (aber mit Unrecht) zur letzteren gerechnet wird. Das ist die schwarze Farbenhaut oder Pigmenthaut (*Pigmentosa, Lamina pigmenti, n*) oder die schwarze Tapete (*Tapetum nigrum*). Sie besteht aus einer einzigen Schicht von zierlichen, sechseckigen, regelmässig an einander gefügten Zellen, die mit schwarzen Farbstoffkörnern gefüllt sind. Diese Pigmenthaut kleidet nicht nur die innere Fläche der eigentlichen Chorioidea aus, sondern auch die hintere Fläche von deren vorderer musculöser Verlängerung, welche als eine kreisrunde ringförmige Membran den Rand der Linse vorn bedeckt und die seitlich einfallenden Lichtstrahlen abhält. Das ist die bekannte Regenbogenhaut oder *Iris* des Auges (*h*), bei den verschiedenen Menschen verschieden gefärbt (blau, grau, braun u. s. w.). Diese Regenbogenhaut bildet die vordere Begrenzung der Aderhaut. Das kreisrunde Loch, welches hier in derselben übrig bleibt, ist das Sehloch, die Pupille, durch welche die Lichtstrahlen in das Innere des Auges hinein fallen. Da, wo die Iris vom vorderen Rande der eigentlichen Chorioidea abgeht, ist letztere stark verdickt und bildet einen zierlichen Faltenkranz (*g*), der mit ungefähr 70 grösseren und vielen kleineren Strahlen den Rand der Linse umgiebt.

Schon sehr frühzeitig wachsen beim Embryo des Menschen, wie aller anderen Amphirhinen, aus dem vordersten Theile der ersten Gehirnblase seitlich ein paar birnförmige Blasen hervor, (Fig. 223 *a*, S. 550). Diese bläschenförmigen Ausstülpungen sind die primären Augenblasen. Sie sind anfangs nach aussen und vorn gerichtet, treten aber bald mehr nach unten, so dass sie nach vollständig erfolgter Trennung der fünf Hirnblasen unten an der Basis des Zwischenhirnes liegen. Die inneren Höhlungen der beiden birnförmigen Blasen, die bald eine sehr ansehnliche Grösse erreichen, stehen durch ihre hohlen Stiele in offener Verbindung mit der Höhle des Zwischenhirns. Die äussere Bedeckung derselben wird durch die äussere Hautdecke (Hornplatte und Lederplatte) gebildet. Da wo die letztere mit dem am stärksten vorgewölbten Theile der primären Augenblase jederseits in unmittelbare Berührung tritt, entwickelt sich eine Verdickung (*l*) und zugleich eine grubenförmige Vertiefung (*o*) in der Hornplatte (Fig. 242, 1). Die Grube, welche wir Linsengrube nennen wollen, verwandelt sich in ein geschlossenes Säckchen, das dickwandige Linsenbläschen (2 *l*), indem die schwielenförmig verdickten Ränder der Grube über derselben zusammenwachsen. In ganz ähnlicher Weise, wie sich ursprünglich das Medullarrohr vom äusseren Keimblatte abschnürt, sehen wir nun auch dieses Linsensäckchen sich ganz

über erhebt sich ein paralleles Riff zwischen dem Auge und dem Nasengrübchen jederseits. Das sind die **äusseren Nasenfortsätze** oder RATHKE's »Nasendächer« (Fig. 235 *an*). Zwischen dem

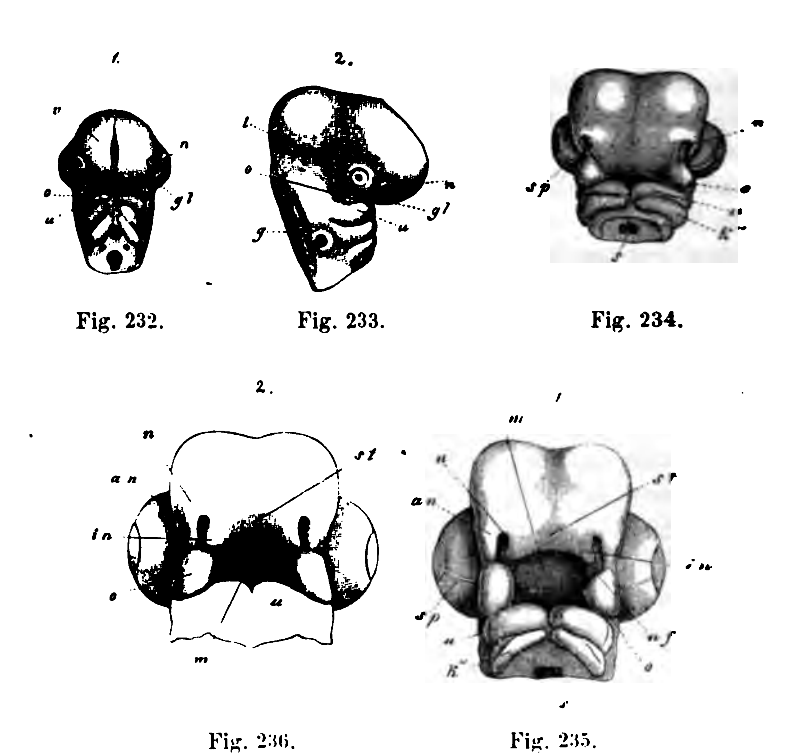


Fig. 232. Fig. 233. Fig. 234.

Fig. 236. Fig. 235.

inneren und äusseren Nasenfortsatze entsteht so jederseits eine rinnenförmige Vertiefung, welche von dem Nasengrübchen gegen die Mundgrube (*m*) hinführt, und diese Rinne ist, wie Sie schon errathen können, dieselbe Nasenfurche oder Nasenrinne, die wir vorher schon beim Haifisch betrachtet haben (Fig. 231 *r*). Indem die beiden paral-

---

Fig. 232, 233. Kopf eines Hühner-Embryo, vom dritten Brütetage: 232 von vorn, 233 von der rechten Seite. *n* Nasen-Anlage (Geruchs-Grübchen). *l* Augen-Anlage (Gesichts-Grübchen). *g* Ohr-Anlage (Gehör-Grübchen). *v* Vorderhirn. *gl* Augenspalte. *o* Oberkieferfortsatz. *u* Unterkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens.

Fig. 234. Kopf eines Hühner-Embryo, vom vierten Brütetage, von unten. *n* Nasengrube. *o* Oberkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens. *u* Unterkieferfortsatz desselben. *k''* zweiter Kiemenbogen. *sp* Choroidal-Spalte des Auges. *s* Schlund.

Fig. 235, 236. Zwei Köpfe von Hühner-Embryonen, 235 vom Ende des vierten, 236 von Anfang des fünften Brütetages. Buchstaben wie in Fig. 234; ausserdem *in* innerer, *an* äusserer Nasenfortsatz. *nf* Nasenfurche. *st* Stirnfortsatz. *m* Mundhöhle. (Nach KOELLIKER.) Fig. 232—236 sind bei derselben Vergrösserung gezeichnet.

lelen Ränder des inneren und äusseren Nasenfortsatzes sich gegeneinander wölben und über der Nasenrinne zusammenwachsen, verwandelt sich letztere in ein Röhrchen, den primitiven »Nasencanal«. Die Nase des Menschen und aller anderen Amnioten besteht also in diesem Stadium der Ontogenese aus ein Paar engen Röhrchen, den »Nasencanälen«, die von der äusseren Oberfläche der Stirnhaut in die einfache primitive Mundhöhle hineinführen. Dieser vorübergehende Zustand ist gleich demjenigen, auf welchem die Nase der Dipneusten oder Amphibien zeitlebens stehen bleibt. (Vergl. Taf. I, Titelblatt, nebst Erklärung.)

Von wesentlicher Bedeutung für die Verwandlung der offenen Nasenrinne in den geschlossenen Nasencanal ist ein zapfenförmiges Gebilde, welches von unten her den unteren Enden der beiden Nasenfortsätze jederseits entgegenwächst und sich mit ihnen vereinigt. Das ist der Oberkieferfortsatz (Fig. 232 *o*—236 *o*; Taf. I *o*). Unterhalb der Mundgrube nämlich liegen die Ihnen bereits bekannten Kiemenbogen, welche durch die Kiemenspalten von einander getrennt sind (Taf. I, VI und VII *k*). Der erste von diesen Kiemenbogen, welcher für uns jetzt der wichtigste ist, und den wir den Kieferbogen nennen können, entwickelt das Kiefergerüst des Mundes (Taf. I *u*). Oben an der Basis wächst zunächst aus diesem ersten Kiemenbogen ein kleiner Fortsatz nach vorn hervor; das ist eben der Oberkieferfortsatz. Der erste Kiemenbogen selbst entwickelt einen Knorpel an seiner inneren Seite, den nach seinem Entdecker so genannten »Meckel'schen Knorpel«, auf dessen Aussenfläche sich der Unterkiefer bildet (Fig. 232 *u*—236 *u*). Der Oberkieferfortsatz bildet den wichtigsten Theil des ganzen Oberkiefergerüstes: das Gaumenbein und Flügelbein. An seiner Aussenseite entsteht später das Oberkieferbein im engeren Sinne, während der mittlere Theil des Oberkiefergerüstes, der Zwischenkiefer, aus dem vordersten Theile des Stirnfortsatzes hervorwächst. (Vergl. die Entwickelung des Gesichts auf Taf. I.)

Für die weitere charakteristische Ausbildung des Gesichts der drei höchsten Wirbelthier-Klassen sind die beiden Oberkieferfortsätze von der grössten Bedeutung. Denn von ihnen aus wächst in die einfache primitive Mundhöhle hinein jene wichtige horizontale Scheidewand, das Gaumendach, durch welches die erstere in zwei ganz getrennte Höhlen geschieden wird. Die obere Höhle, in welche die beiden Nasencanäle einmünden, entwickelt sich nunmehr zur Nasenhöhle, zum respiratorischen Luftwege und zum Geruchsorgan. Die untere Höhle hingegen bildet für sich allein die blei-

bende secundäre Mundhöhle (Fig. 237 *m*); den digestiven **Speiseweg** und das **Geschmacksorgan**. Hinten mündet sowohl die obere Geruchshöhle als die untere Geschmackshöhle in den **Schlund** (*Pharynx*). Das **Gaumendach**, das beide Höhlen trennt, entsteht also durch Zusammenwachsen aus zwei seitlichen Hälften, den horizontalen Platten der beiden Oberkieferfortsätze oder den »Gaumenplatten« (Fig. 237 *p*). Wenn diese bisweilen nicht völlig in der Mitte zur Verwachsung gelangen, bleibt eine Längsspalte bestehen, durch die man direct aus der Mundhöhle in die Nasenhöhle gelangen kann. Das ist der sogenannte »**Wolfsrachen**«. Die sogenannte »Hasenscharte« und »Lippenspalte« ist ein geringerer Grad solcher Bildungshemmung.[116])

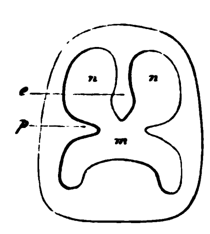


Fig. 237.

Gleichzeitig mit der horizontalen Scheidewand des Gaumendaches entwickelt sich eine senkrechte Scheidewand, durch welche die einfache Nasenhöhle in zwei Abschnitte zerfällt, in eine rechte und eine linke Hälfte (Fig. 237 *n*, *n*). Die verticale Nasenscheidewand (*e*) wird von dem Mittelblatt des Stirnfortsatzes gebildet: oben entsteht daraus durch Verknöcherung die verticale Lamelle des Siebbeins, unten die grosse knöcherne senkrechte Scheidewand: die Pflugschar (*Vomer*) und vorn der Zwischenkiefer (*Os intermaxillare*). Dass der letztere beim Menschen gerade so wie bei den übrigen Schädelthieren als selbstständiger Knochen zwischen beiden Oberkiefer-Hälften entsteht, hat zuerst Goethe nachgewiesen. Die senkrechte Nasenscheidewand verwächst schliesslich mit dem wagerechten Gaumendache. Nunmehr sind beide Nasenhöhlen ebenso von einander völlig getrennt, wie von der secundären Mundhöhle. Nur hinten münden alle drei Höhlen in den Schlundkopf (*Pharynx*) oder die Rachenhöhle ein.

Somit hat die paarige Nase jetzt diejenige charakteristische Ausbildung erlangt, welche der Mensch mit allen übrigen Säugethieren theilt. Die weitere Entwickelung ist nun sehr leicht zu verstehen: sie beschränkt sich auf die Bildung von inneren und äusseren Fortsätzen der Wände beider Nasenhöhlen. Innerhalb der Höhlen entwickeln sich die Muscheln, schwammige Knochenstücke, auf denen

---

Fig. 237. Schematischer Querschnitt durch die Mund-Nasenhöhle. Während die Gaumenplatten *p* die ursprüngliche Mundhöhle in untere secundäre Mundhöhle (*m*) und obere Nasenhöhle scheiden, zerfällt letztere durch die senkrechte Nasenscheidewand (*e*) in zwei getrennte Hälften (*n*, *n*). Nach Gegenbaur.

sich die Geruchsschleimhaut ausbreitet. Vom grossen Gehirn her wächst der erste Gehirnnerv, der Riechnerv, mit seinen feinen Aesten durch das obere Dach der beiden Nasenhöhlen in dieselben herab und breitet sich auf der Geruchsschleimhaut aus. Zugleich entwickeln sich durch Ausbuchtung der Nasenschleimhaut die später mit Luft gefüllten Nebenhöhlen der Nase, welche mit den beiden Nasenhöhlen in offener Verbindung stehen (Stirnhöhlen, Keilbeinhöhlen, Kieferhöhlen u. s. w.). Sie kommen in dieser eigenthümlichen Entwickelung nur den Säugethieren zu. [171])



Fig. 238.



Fig. 239.

Erst nachdem alle diese wesentlichen inneren Theile des Geruchs-Organs angelegt sind, entsteht viel später auch die äussere Nase. Ihre ersten Spuren zeigen sich beim menschlichen Embryo um die Mitte des zweiten Monats (Fig. 238 bis 240). Wie Sie sich an jedem menschlichen Embryo aus dem ersten Monate überzeugen können, ist anfangs von der äusseren Nase noch keine Spur vorhanden. Erst später wächst dieselbe von hinten nach vorn hervor, aus dem vordersten Nasentheile des Urschädels. Erst sehr spät entsteht diejenige



Fig. 240.

Fig. 238—239. Oberkörper eines menschlichen Embryo von 16 Mm. Länge aus der sechsten Woche; Fig. 238 von der linken Seite; Fig. 239 von vorn. Die Entstehung der Nase und der Oberlippe aus zwei seitlichen, ursprünglich getrennten Hälften ist noch deutlich zu sehen. Nase und Oberlippe sind unverhältnissmässig gross im Verhältniss zum übrigen Gesicht und besonders zur Unterlippe. (Nach Kollmann.)

Fig. 240. Gesicht eines menschlichen Embryo von acht Wochen. Nach Ecker. (Vergl. Taf. I, Titelbild, Fig. MI—MIII).

Dreissigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte der menschlichen Nase.

I. Erste Periode: **Aeltere Urfisch-Nase.**

Die Nase wird durch ein paar einfache Hautgruben (**Nasengruben**) an der Oberfläche des Kopfes gebildet (wie noch heute bleibend bei den niederen Selachiern).

II. Zweite Periode: **Jüngere Urfisch-Nase.**

Die beiden blinden Nasengruben treten jederseits durch eine **Furche** (**Nasenrinne**) mit dem Mundwinkel in Verbindung (wie noch heute bleibend bei den höheren Selachiern).

III. Dritte Periode: **Dipneusten-Nase.**

Die beiden **Nasenrinnen** verwandeln sich durch **Verwachsung** ihrer Ränder in geschlossene Canäle (primäre **Nasencanäle**), welche **ganz vorn**, noch innerhalb des weichen Lippenrandes, in die primäre **Mundhöhle münden** (wie noch heute bleibend bei den Dipneusten und den älteren, niederen Amphibien, den Sozobranchiern).

IV. Vierte Periode: **Amphibien-Nase.**

Die inneren Mündungen der Nasencanäle rücken weiter **nach hinten in** die primäre Mundhöhle, so dass sie von festen Skelettheilen der **Kiefer umgrenzt** werden (wie noch heute bleibend bei den höheren Amphibien).

V. Fünfte Periode: **Protamnien-Nase.**

Die primitive Mundhöhle, in welche beide Nasencanäle einmünden, zerfällt durch Ausbildung einer **horizontalen** Scheidewand des Gaumendaches in eine obere **Nasenhöhle** und untere (secundäre) **Mundhöhle**. Die Bildung der Nasenmuscheln beginnt (bei den ältesten Amnionthieren).

VI. Sechste Periode: **Aeltere Säugethier-Nase.**

Die einfache Nasenhöhle zerfällt durch Ausbildung einer **verticalen** Scheidewand (der Pflugscharwand) in zwei getrennte Nasenhöhlen, von denen jede den Nasencanal ihrer Seite aufnimmt (wie noch heute bei allen Säugethieren). Die Nasenmuscheln sondern sich.

VII. Siebente Periode: **Jüngere Säugethier-Nase.**

In den beiden Nasenhöhlen erfolgt die weitere Ausbildung der Nasenmuscheln und es beginnt sich eine äussere Nase zu bilden.

VIII. Achte Periode: **Catarhine Affen-Nase.**

Innere und äussere Nase erreichen die eigenthümliche Ausbildung, wie sie nur den catarhinen Affen und dem Menschen zukommt.

Nasenform, welche charakteristisch für den Menschen sein soll. Man pflegt auf die Gestalt der äusseren Nase, als ein edles, dem Menschen ausschliesslich zukommendes Organ, besonderes Gewicht zu legen. Allein es giebt auch Affen, welche vollständige Menschennasen besitzen, wie namentlich der schon angeführte Nasenaffe. Anderseits erreicht die äussere Nase, deren schöne Form so äusserst wichtig für die Schönheit der Gesichtsbildung ist, bekanntlich bei vielen niederen Menschen-Rassen eine Gestaltung, welche nichts weniger als schön ist. Auch bei den meisten Affen bleibt die äussere Nasenbildung zurück. Besonders bemerkenswerth ist die schon angeführte wichtige Thatsache, dass nur bei den Affen der alten Welt, bei den Catarhinen, die Nasenscheidewand so schmal bleibt, wie beim Menschen, während bei den Affen der neuen Welt die Nasenscheidewand sich nach unten stark verbreitert und dadurch die Nasenlöcher nach aussen treibt (Platyrhinen, S. 515).

Nicht minder merkwürdig und lehrreich als die Entwickelungsgeschichte der Nase ist diejenige des Auges. Denn obgleich dasselbe durch seine vollendete optische Einrichtung und seine bewunderungswürdige Zusammensetzung zu den complicirtesten und zweckmässigsten Organen gehört, entwickelt es sich dennoch ohne jeden vorbedachten Zweck aus einer einfachsten Anlage der äusseren Hautdecke. Das ausgebildete Auge des Menschen bildet eine kugelige Kapsel, den Augapfel (*Bul-*

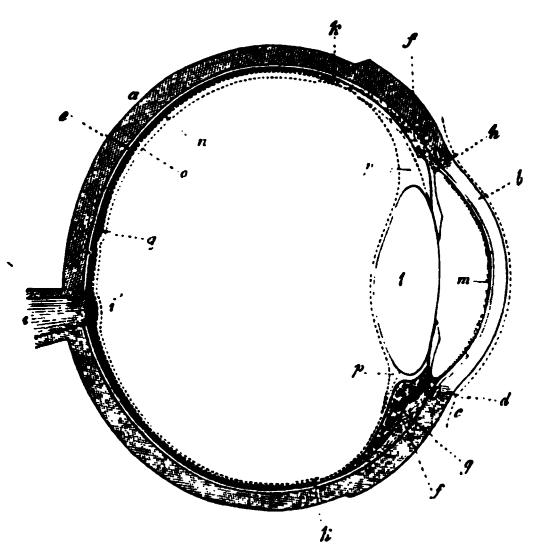


Fig. 241.

Fig. 241. Das menschliche Auge im Querschnitt. *a* Schutzhaut (*Sclerotica*). *b* Hornhaut (*Cornea*). *c* Oberhaut (*Conjunctiva*). *d* Ringvene der Iris. *e* Aderhaut (*Chorioidea*). *f* Ciliar-Muskel. *g* Faltenkranz (*Corona ciliaris*). *h* Regenbogenhaut (*Iris*). *i* Sehnerv (*Nervus opticus*). *k* vorderer Grenzrand der Netzhaut. *l* Krystall-Linse (*Lens crystallina*). *m* innerer Ueberzug der Hornhaut (Wasserhaut: *Membrana Descemeti*). *n* Pigmenthaut (*Pigmentosa*). *o* Netzhaut (*Retina*). *p* Petits-Canal. *q* gelber Fleck der Netzhaut. Nach Helmholtz.

bus, Fig. 241). Dieser liegt, umgeben von schützendem Fett und von bewegenden Muskeln, in der knöchernen Augenhöhle des Schädels. Der grösste Theil des Augapfels wird von einer halbflüssigen, wasserklaren Gallertmasse eingenommen, dem Glaskörper (*Corpus vitreum*). In die vordere Fläche des Glaskörpers ist die Linse oder Krystalllinse eingebettet (Fig. 241 *l*). Das ist ein linsenförmiger, biconvexer, durchsichtiger Körper, das wichtigste von den lichtbrechenden Medien des Auges. Zu diesen gehört ausser der Linse und dem Glaskörper auch das vor der Linse befindliche Augenwasser oder die wässerige Augenflüssigkeit (*Humor aqueus*; da wo in Fig. 241 der Buchstabe *m* steht). Diese drei wasserklaren lichtbrechenden Medien, Glaskörper, Linse und Augenwasser, durch welche die in das Auge einfallenden Lichtstrahlen gebrochen und gesammelt werden, sind von einer festen kugeligen Kapsel umschlossen, die aus mehreren sehr verschiedenartigen Häuten zusammengesetzt ist, vergleichbar den concentrischen Umhüllungshäuten einer Zwiebel. Die äusserste und zugleich die dickste von diesen Umhüllungen bildet die weisse Schutzhaut des Auges (*Sclerotica*, *a*). Sie besteht aus festem und derbem, weissen Bindegewebe. Vorn, vor der Linse, ist in die weisse Schutzhaut eine kreisrunde, stark vorgewölbte, durchsichtige Platte wie ein Uhrglas eingefügt: die Hornhaut (*Cornea*, *b*). An der äusseren Oberfläche ist die Hornhaut von einem sehr dünnen Ueberzuge der äusseren Oberhaut (*Epidermis*) bedeckt: dieser Ueberzug heisst die Bindehaut (*Conjunctiva*): er geht von der Hornhaut aus auf die innere Fläche der beiden Augenlider über, die obere und untere Hautfalte, welche wir beim Schliessen der Augen über dieselben hinwegziehen. Am inneren Winkel unseres Auges findet sich als rudimentäres Organ noch der Rest eines dritten (inneren) Augenlides, welches als »Nickhaut« bei niederen Wirbelthieren sehr entwickelt ist (S. 89). Unter dem oberen Augenlide versteckt liegen die Thränendrüsen, deren Product, die Thränenflüssigkeit, die äussere Augenfläche glatt und rein erhält.

Unmittelbar unter der Schutzhaut finden wir eine zarte, dunkelrothe, an Blutgefässen sehr reiche Haut: die Aderhaut (*Chorioidea*, *e*); und nach innen von dieser die Netzhaut oder *Retina* (*o*), die Ausbreitung des Sehnerven (*i*). Dieser letztere ist der zweite Hirnnerv. Er tritt von den Sehhügeln (der zweiten Hirnblase) an das Auge heran, durchbohrt dessen äussere Hüllen und breitet sich dann zwischen Aderhaut und Glaskörper als Netzhaut aus. Zwischen der Netzhaut und der Aderhaut liegt noch eine besondere sehr zarte Haut,

die gewöhnlich (aber mit Unrecht) zur letzteren gerechnet wird. Das ist die schwarze Farbenhaut oder Pigmenthaut (*Pigmentosa, Lamina pigmenti, n*) oder die schwarze Tapete (*Tapetum nigrum*). Sie besteht aus einer einzigen Schicht von zierlichen, sechseckigen, regelmässig an einander gefügten Zellen, die mit schwarzen Farbstoffkörnern gefüllt sind. Diese Pigmenthaut kleidet nicht nur die innere Fläche der eigentlichen Chorioidea aus, sondern auch die hintere Fläche von deren vorderer musculöser Verlängerung, welche als eine kreisrunde ringförmige Membran den Rand der Linse vorn bedeckt und die seitlich einfallenden Lichtstrahlen abhält. Das ist die bekannte Regenbogenhaut oder *Iris* des Auges (*h*), bei den verschiedenen Menschen verschieden gefärbt (blau, grau, braun u. s. w.). Diese Regenbogenhaut bildet die vordere Begrenzung der Aderhaut. Das kreisrunde Loch, welches hier in derselben übrig bleibt, ist das Sehloch, die Pupille, durch welche die Lichtstrahlen in das Innere des Auges hinein fallen. Da, wo die Iris vom vorderen Rande der eigentlichen Chorioidea abgeht, ist letztere stark verdickt und bildet einen zierlichen Faltenkranz (*g*), der mit ungefähr 70 grösseren und vielen kleineren Strahlen den Rand der Linse umgiebt.

Schon sehr frühzeitig wachsen beim Embryo des Menschen, wie aller anderen Amphirhinen, aus dem vordersten Theile der ersten Gehirnblase seitlich ein paar birnförmige Blasen hervor, (Fig. 223*a*, S. 550). Diese bläschenförmigen Ausstülpungen sind die primären Augenblasen. Sie sind anfangs nach aussen und vorn gerichtet, treten aber bald mehr nach unten, so dass sie nach vollständig erfolgter Trennung der fünf Hirnblasen unten an der Basis des Zwischenhirnes liegen. Die inneren Höhlungen der beiden birnförmigen Blasen, die bald eine sehr ansehnliche Grösse erreichen, stehen durch ihre hohlen Stiele in offener Verbindung mit der Höhle des Zwischenhirns. Die äussere Bedeckung derselben wird durch die äussere Hautdecke (Hornplatte und Lederplatte) gebildet. Da wo die letztere mit dem am stärksten vorgewölbten Theile der primären Augenblase jederseits in unmittelbare Berührung tritt, entwickelt sich eine Verdickung (*l*) und zugleich eine grubenförmige Vertiefung (*o*) in der Hornplatte (Fig. 242, 1). Die Grube, welche wir Linsengrube nennen wollen, verwandelt sich in ein geschlossenes Säckchen, das dickwandige Linsenbläschen (2 *l*), indem die schwielenförmig verdickten Ränder der Grube über derselben zusammenwachsen. In ganz ähnlicher Weise, wie sich ursprünglich das Medullarrohr vom äusseren Keimblatte abschnürt, sehen wir nun auch dieses Linsensäckchen sich ganz

von der Hornplatte (*h*), seiner Geburtsstätte, **abschnüren. Die Höhlung** des Säckchens wird später durch die Zellen **seiner dicken Wandung ausgefüllt und so entsteht die solide Krystalllinse. Diese ist also ein reines Epidermisgebilde. Mit der Linse selbst schnürt sich zugleich das kleine, darunter gelegene Stück der Lederplatte von der äusseren** Hautdecke ab. Dieses kleine Lederhautstückchen umgiebt dann die Linse bald als ein gefässreiches Säckchen (*Capsula vasculosa lentis*). Ihr vorderer Theil umschliesst anfänglich das Sehloch als sogenannte Pupillenhaut (*Membrana pupillaris*). Ihr hinterer Theil heisst »*Membrana capsulo-pupillaris*«. Später verschwindet diese »gefässhaltige Linsenkapsel«, welche bloss zur Ernährung der wachsenden Linse dient, völlig. Die spätere bleibende Linsenkapsel enthält keine Gefässe und ist eine structurlose Ausscheidung der Linsenzellen.

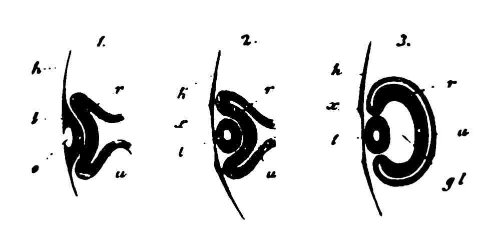


Fig. 242.

Indem sich die Linse dergestalt von der Hornplatte abschnürt und nach innen hineinwächst, muss sie nothwendig die anliegende primäre Augenblase von aussen her einstülpen (Fig. 242, 1—3). Diese Einstülpung können Sie sich ganz ebenso vorstellen, wie die Einstülpung der Keimhautblase (*Blastula*), durch welche beim Amphioxus und vielen niederen Thieren die Gastrula entsteht (S. 158). Ganz ebenso hier wie dort, geht die einseitige Einstülpung der geschlossenen Blase so weit, dass schliesslich der innere eingestülpte Theil den äusseren nicht eingestülpten Theil der Blasenwand berührt und deren Höhlung somit verschwindet. Wie bei der Gastrula sich der erste Theil zum Darmblatte (Entoderm) und der letztere zum Hautblatte (Exoderm) umbildet, so entsteht bei der eingestülpten primären Augenblase aus dem ersteren (inneren) Theile die Netzhaut (Fig. 242 *r*) und aus dem letzteren (dem äusseren, nicht eingestülpten Theile) die schwarze

Fig. 242. Auge des Hühner-Embryo im Längsschnitt (1. von einem 65 Stunden bebrüteten Keim; 2. von einem wenig älteren Keim; 3. von einem vier Tage alten Keim). *h* Hornplatte. *o* Linsengrube. *l* Linse (in 1 noch Bestandtheil der Oberhaut, in 2 und 3 davon abgeschnürt). *x* Verdickung der Hornplatte, da wo sich die Linse abgeschnürt hat. *gl* Glaskörper. *r* Netzhaut. *u* Pigmenthaut. (Nach REMAK.)

Pigmenthaut (*u*). Der hohle Stiel der primären Augenblase verwandelt sich in den Sehnerven.

Die Linse (*l*), welche bei diesem Einstülpungs-Process der primären Augenblase so wesentlich betheiligt ist, liegt anfangs dem eingestülpten Theile derselben, also der Retina (*r*), unmittelbar an. Sehr bald aber entfernen sich beide von einander, indem zwischen beide ein neues Gebilde, der Glaskörper (*gl*) hineinwächst. Während nämlich die Abschnürung des Linsen-Säckchens und die Einstülpung der primären Augenblase durch dieses letztere von aussen her erfolgt, bildet sich gleichzeitig von unten her eine andere Einstülpung, welche von dem Hautfaserblatte, und zwar von dessen oberflächlichsten Theile — also von der Lederplatte des Kopfes — ausgeht. Hinter und unter der Linse wächst ein leistenförmiger Fortsatz der Lederplatte empor (Fig. 243 *g*), stülpt die becherförmig gewordene primäre Augenblase von unten her ein und drängt sich zwischen Linse (*l*) und Netzhaut (*i*) hinein. Die primäre Augenblase bekommt so die Form einer Haube. Die Oeffnung der Haube, welche dem Gesicht entspricht, wird durch die Linse ausgefüllt. Diejenige Oeffnung aber, in welcher sich der Hals befinden würde, entspricht der Einstülpung, durch welche die Lederhaut zwischen Linse und Retina (innere Haubenwand) hineinwächst. Der innere Raum der so entstehenden secundären Augenblase wird grösstentheils durch den Glaskörper ausgefüllt, welcher dem von der Haube umhüllten Kopfe entspricht. Die Haube selbst ist eigentlich doppelt: die innere Haube ist die Netzhaut, die äussere (unmittelbar diese umschliessende) die Pigmenthaut. Mit Hülfe dieses Hauben-Bildes können Sie sich jenen etwas schwierig vorzustellenden Einstülpungs-Process klarer machen. Anfangs ist die Glaskörper-Anlage noch sehr unbedeutend (Fig. 243 *g*)



Fig. 243.

Fig. 243. Horizontaler Querschnitt durch das Auge eines menschlichen Embryo von vier Wochen (100mal vergrössert, nach Koelliker). *t* Linse (deren dunkle Wand so dick ist wie der Durchmesser der centralen Höhle). *g* Glaskörper (durch einen Stiel, *g'*, mit der Lederplatte zusammenhängend). *v* Gefässschlinge (durch diesen Stiel, *g'*, in das Innere des Glaskörpers hinter die Linse dringend). *i* Netzhaut (innere, dicke, eingestülpte Lamelle der primären Augenblase). *a* Pigmenthaut (äussere, dünne, nicht eingestülpte Lamelle derselben). *h* Zwischenraum zwischen Netzhaut und Pigmenthaut (Rest der Höhle der primären Augenblase).

und die Netzhaut noch unverhältnissmässig dick (*i*). Mit der Ausdehnung des ersteren wird aber die letztere bald viel dünner, und zuletzt erscheint die Retina nur als eine sehr zarte Hülle des dicken fast kugeligen Glaskörpers, der den grössten Theil der secundären Augenblase erfüllt. Die äusserste Schicht des Glaskörpers bildet sich in eine gefässreiche Kapsel um, deren Gefässe später wieder schwinden.

Die spaltenförmige Stelle, durch welche die leistenförmige Anlage des Glaskörpers zwischen Linse und Retina von unten her hineinwächst, muss natürlich eine Unterbrechung der Netzhaut und der Pigmenthaut bedingen. Diese Unterbrechung, die an der Innenfläche der Chorioidea als pigmentfreier Streifen erscheint, hat man unpassender Weise Chorioideal-Spalte genannt, obwohl die wahre Chorioidea hier gar nicht gespalten ist (Fig. 234 *sp*, 235 *sp*, S. 570). Ein schmaler leistenförmiger Fortsatz der Glaskörper-Anlage setzt sich nach innen auf die untere Fläche des Sehnerven fort, und stülpt auch diesen von unten her in gleicher Weise ein, wie die primäre Augenblase. Dadurch wird der hohle cylindrische Sehnerv (der Stiel der primären Augenblase) in eine nach unten offene Rinne verwandelt. Die eingestülpte untere Fläche legt sich an die nicht eingestülpte obere Fläche des hohlen Stiels an und so verschwindet die innere Höhlung desselben, die früher die offene Verbindung zwischen der Höhle des Zwischenhirns und der primären Augenblase herstellte. Sodann wachsen die beiden Ränder der Rinne unten gegen einander, umschliessen die Leiste der Lederplatte und wachsen unter derselben zusammen. So kommt diese Leiste in die Axe des soliden secundären Sehnerven zu liegen. Sie entwickelt sich zu dem bindegewebigen Strang, der die Centralgefässe der Netzhaut (*Vasa centralia retinae*) führt.

Schliesslich bildet sich nun aussen um die so entstandene secundäre Augenblase und ihren Stiel (den secundären Sehnerven) eine vollständige faserige Umhüllung, die Faserkapsel des Augapfels. Sie entsteht aus den Kopfplatten, aus demjenigen Theile des Hautfaserblattes, welcher unmittelbar die Augenblase umschliesst. Diese faserige Umhüllung gestaltet sich zu einer völlig geschlossenen kugeligen Blase, welche den ganzen Augapfel umgiebt und an seiner äusseren Seite zwischen die Linse und die Hornplatte hineinwächst. Die kugelige Kapselwand sondert sich bald durch eine Flächenspaltung in zwei verschiedene Häute. Die innere Haut gestaltet sich zur Chorioidea oder zur Gefässschicht, vorn zum Faltenkranz und zur Iris.

Einunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die Entwickelungsgeschichte des menschlichen Auges.

I. Uebersicht über die Theile des menschlichen Auges, welche sich aus dem ersten secundären Keimblatte, aus dem Hautsinnesblatte, entwickeln.

A. Producte der Markplatte	1. Stiel der primären Augenblase	1. Sehnerv	*Nervus opticus*
	2. Innerer (eingestülpter) Theil der primären Augenblase	2. Netzhaut	*Retina*
	3. Aeusserer (nicht eingestülpter) Theil der primären Augenblase	3. Pigmenthaut oder Farbentapete	*Pigmentosa* (*Lamina pigmenti*)
B. Producte der Hornplatte	4. Abgeschnürtes Säckchen der Hornplatte	4. Krystalllinse	*Lens crystallina*
	5. Aeussere Oberhaut-Decke	5. Bindehaut	*Conjunctiva*
	6. Einstülpungen der Oberhaut-Decke	6. Thränendrüsen	*Glandulae lacrymales*

II. Uebersicht über die Theile des menschlichen Auges, welche sich aus dem zweiten secundären Keimblatte, aus dem Hautfaserblatte, entwickeln.

C. Producte der Lederplatte	7. 8. Leistenfortsatz des Corium an der Unterseite der primären Augenblase	7. Glaskörper 8. Gefässkapsel des Glaskörpers	*Corpus vitreum* *Capsula vasculosa corporis vitrei*
	9. Fortsetzung der Corium-Leiste	9. Centralgefässe der Netzhaut	*Vasa centralia retinae*
	10. Pupillar-Membran nebst Kapsel-Pupillar-Membran	10. Gefässkapsel der Linse	*Capsula vasculosa lentis crystallinae*
	11. Falten der Lederhaut	11. Augenlider	*Palpebrae*
D. Producte der Kopfplatte	12. 13. Gefässkapsel des Augapfels (*Capsula vasculosa bulbi*)	12. Aderhaut 13. Regenbogenhaut	*Chorioidea* *Iris*
	14. 15. Faserkapsel des Augapfels (*Capsula fibrosa bulbi*)	14. Schutzhaut 15. Hornhaut	*Sclerotica* *Cornea*

Die äussere Haut hingegen verwandelt sich in die weisse Umhüllungshaut oder Schutzhaut, vorn in die durchsichtige Hornhaut oder Cornea. So ist nun das Auge mit allen seinen wesentlichen Theilen angelegt. Die weitere Entwickelung betrifft das Detail, die complicirtere Sonderung und Zusammensetzung der einzelnen Theile.

Das Wichtigste bei dieser merkwürdigen Entwickelungsgeschichte des Auges ist der Umstand, dass der Sehnerv, die Retina und die Pigmenthaut eigentlich aus einem Theile des Gehirns, aus einer Ausstülpung des Zwischenhirns entstehen, während sich aus der äusseren Oberhaut die Krystalllinse, der wichtigste lichtbrechende Körper entwickelt. Aus derselben Oberhaut, der Hornplatte, entsteht auch die zarte Bindehaut oder Conjunctiva, welche die äussere Oberfläche des Augapfels später überzieht. Als verästelte Wucherungen wachsen aus der Conjunctiva die Thränendrüsen hervor (Fig. 214, S. 538). Alle übrigen Theile des Auges entstehen aus dem Hautfaserblatte, und zwar der Glaskörper nebst der gefässhaltigen Linsenkapsel aus der Lederhaut, hingegen die Aderhaut (nebst Iris) und die Schutzhaut (nebst Hornhaut) aus den Kopfplatten.

Die äusseren Schutzorgane des Auges, die Augenlider, sind weiter Nichts als einfache Hautfalten, die beim menschlichen Embryo im dritten Monate sich erheben. Im vierten Monate verklebt das obere Augenlid mit dem unteren, und nun bleibt das Auge bis zur Geburt von ihnen bedeckt (Taf. VII, Fig. *M* III, *K* III u. s. w.) Meistens kurz vor der Geburt (bisweilen erst nach derselben) treten beide Augenlider wieder auseinander. Unsere Schädelthier-Ahnen besassen ausser diesen beiden noch ein drittes Augenlid, die Nickhaut, welche vom inneren Augenwinkel her über das Auge herübergezogen wurde. Viele Urfische und Amnioten besitzen dieselbe noch heute. Bei den Affen und beim Menschen ist die Nickhaut rückgebildet und nur noch ein kleiner Rest davon existirt an unserem inneren Augenwinkel als »halbmondförmige Falte«, als ein nutzloses »rudimentäres Organ« (vergl. S. 89). Ebenso haben die Affen und der Mensch auch die unter der Nickhaut mündende »Hardersche Drüse« verloren, welche den übrigen Säugethieren, sowie den Vögeln, Reptilien und Amphibien zukommt.

In manchen wichtigen Beziehungen ähnlich wie Auge und Nase, und doch in anderer Hinsicht wieder sehr verschieden, entwickelt sich das Ohr der Wirbelthiere.[172] Das Gehörorgan des entwickelten Menschen gleicht in allen wesentlichen Stücken demjenigen der übri-

gen Säugethiere, und ganz speciell demjenigen der Affen. Wie bei jenen besteht dasselbe aus zwei Hauptbestandtheilen, einem Schallleitungs-Apparat (äusseres und mittleres Ohr) und einem Schallempfindungs-Apparate (inneres Ohr). Das äussere Ohr öffnet sich in der an den Seiten des Kopfes gelegenen Ohrmuschel (Fig. 244 *a*). Von hier führt nach innen in den Kopf hinein der äussere Gehörgang, welcher ungefähr einen Zoll lang ist (*b*). Das innere Ende desselben ist durch das bekannte Trommelfell oder Paukenfell (*Tympanum*) geschlossen: eine senkrechte, jedoch etwas schräg stehende dünne Haut von eirunder Gestalt (*c*). Dieses Trommelfell trennt den äusseren Gehörgang von der sogenannten Trommel- und Paukenhöhle (*Cavum tympani*, *d*). Das ist eine kleine, im Felsentheil des Schläfenbeins verborgene und mit Luft gefüllte Höhle, die durch ein besonderes Rohr mit der Mundhöhle in Verbindung steht. Dieses Rohr ist etwas länger, aber viel enger als der äussere Gehörgang, führt in schräger Richtung aus der vorderen Wand der Paukenhöhle nach innen und vorn herab, und mündet hinter den inneren Nasenlöchern (oder Choanen) oben in den Rachen oder die Schlundhöhle. Das Rohr führt den Namen der Ohrtrompete oder Eustachischen Trompete (*Tuba Eustachii*, *e*). Dasselbe vermittelt die Ausgleichung der Spannung zwischen derjenigen Luft, welche sich innerhalb der Trommelhöhle befindet, und der äusseren atmosphärischen Luft, welche durch den äusseren Gehörgang eindringt. Sowohl die Ohrtrompete als die Paukenhöhle ist mit einer dünnen Schleimhaut ausgekleidet, welche eine directe Fortsetzung



Fig. 244.

Fig. 244. **Gehörorgan des Menschen** (Linkes Ohr, von vorn gesehen, in natürlicher Grösse). *a* Ohrmuschel. *b* Aeusserer Gehörgang. *c* Trommelfell. *d* Trommelhöhle. *e* Ohrtrompete. *fgh* Die drei Gehörknöchelchen (*f* Hammer. *g* Ambos. *h* Steigbügel). *i* Gehörschlauch. *k* Die drei Bogengänge. *l* Gehörsäckchen. *m* Schnecke *n* Gehörnerv.

der Schleimhaut des Schlundes ist. Innerhalb der Trommelhöhle befinden sich die drei zierlichen kleinen Gehörknöchelchen, welche nach ihrer charakteristischen Gestalt als Hammer, Ambos und Steigbügel bezeichnet werden (Fig. 244 *fgh*). Am meisten nach aussen liegt der Hammer (*f*), inwendig am Trommelfell: der Ambos (*g*) ist zwischen den beiden anderen eingefügt, oberhalb und nach innen vom Hammer: der Steigbügel endlich (*h*) liegt inwendig am Ambos und berührt mit seiner Basis die äussere Wand des inneren Ohres oder der Gehörblase. Alle die genannten Theile des äusseren und mittleren Ohres gehören zum Schallleitungs-Apparate. Sie haben wesentlich die Aufgabe, die von aussen kommenden Schallwellen durch die dicke Seitenwand des Kopfes hindurch zu der innerlich darin verborgenen Gehörblase zu leiten. Den Fischen fehlen alle diese Theile noch gänzlich. Hier werden die Schallwellen direct durch die Kopfwand selbst zur Gehörblase hingeleitet.

Der innere Schallempfindungs-Apparat, welcher die dergestalt zugeleiteten Schallwellen aufnimmt, besteht beim Menschen, wie bei allen anderen Wirbelthieren (einzig den Amphioxus ausgenommen!) aus einer geschlossenen, mit Flüssigkeit gefüllten Gehörblase, und einem Gehörnerven, dessen Endigungen sich auf der Wand dieser Blase ausbreiten. Die Schwingungen der Schallwellen werden durch jene Medien auf diese Nerven-Endigungen übertragen. In dem Gehörwasser oder »Labyrinthwasser«, das die Gehörblase erfüllt, liegen den Eintrittsstellen des Gehörnerven gegenüber kleine Steinchen, die aus Haufen von mikroskopischen Kalkkrystallen zusammengesetzt sind (Gehörsteine, *Otolithi*). Die gleiche Zusammensetzung hat im Wesentlichen auch das Gehörorgan der meisten wirbellosen Thiere. Gewöhnlich besteht dasselbe auch hier aus einem geschlossenen Bläschen, das mit Flüssigkeit erfüllt ist, das Gehörsteinchen enthält, und auf dessen Wand sich der Gehörnerv ausbreitet. Während aber das Gehörbläschen hier meistens eine ganz einfache, kugelige oder länglich-runde Gestalt besitzt, zeichnet sich dasselbe dagegen bei allen Amphirhinen (— also bei allen Wirbelthieren von den Fischen aufwärts bis zum Menschen hinauf —) durch eine sehr eigenthümliche und sonderbare, als Gehör-Labyrinth bezeichnete Bildung aus. Dieses dünnhäutige Labyrinth ist in einer ebenso geformten Knochenkapsel, dem knöchernen Labyrinth, eingeschlossen (Fig. 245), und dieses liegt mitten im Felsenbein des Schädels. Das Labyrinth aller Amphirhinen ist in zwei Blasen gesondert. Die grössere Gehörblase heisst Gehörschlauch (*Utriculus*) und besitzt drei bogenförmige

Anhänge, die sogenannten »halbcirkelförmigen Canäle« (*c d e*). Die kleinere Gehörblase heisst Gehörsäckchen (*Sacculus*) und steht mit einem eigenthümlichen Anhang in Verbindung, der sich beim Menschen und den höheren Säugethieren durch seine spiralige, einem Schneckenhause ähnliche Gestalt auszeichnet und daher Schnecke (*Cochlea*) genannt wird (*b*). Auf der dünnen Wand dieses zarthäutigen Labyrinthes breitet sich in höchst verwickelter Weise der Gehörnerv aus, der vom Nachhirn an die Gehörblasen herantritt. Er spaltet sich in zwei Hauptäste, einen Schnecken-Nerven (für die Schnecke) und einen Vorhofs-Nerven (für die übrigen Theile des Labyrinthes). Der erstere scheint mehr die Qualität, der letztere die Quantität der Schall-Empfindungen zu vermitteln. Durch den Schnecken-Nerven erfahren wir, von welcher Höhe und Klangfarbe, durch den Vorhofs-Nerven, von welcher Stärke die Töne sind.

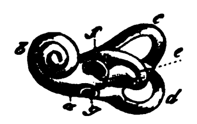


Fig. 245.

Die erste Anlage dieses höchst verwickelt gebauten Gehör-Organs ist ebenso beim Embryo des Menschen, wie aller anderen Schädelthiere, höchst einfach, nämlich eine grubenförmige Vertiefung der äusseren Oberhaut. Hinten am Kopfe entsteht jederseits neben dem Nachhirn, am oberen Ende der zweiten Kiemenspalte, eine schwielenartige kleine Verdickung der Hornplatte (Fig. 246 *Afl*; 248 *g*). Diese vertieft sich zu einem Grübchen und schnürt sich von der äusseren Oberhaut ab, gerade so wie die Linse des Auges (vergl. S. 578). So entsteht demnach unmittelbar unter der Hornplatte des Hinterkopfes jederseits ein kleines, mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen, das primitive Ohrbläschen oder Gehörbläschen, oder das »primäre Labyrinth« (Taf. VI und VII *o*). Indem sich dasselbe von seiner Ursprungsstätte, der Hornplatte, ablöst, und nach innen und unten in den Schädel hinein wächst, geht seine rundliche Gestalt in eine birnförmige über (Fig. 246 *B l v*; 249 *o*). Der äussere Theil desselben nämlich verlängert sich in einen dünnen Stiel, der anfänglich noch durch einen engen Canal aussen mündet (vergl. Fig. 137 *f*, S. 307). Das ist der sogenannte Labyrinth-Anhang (*Recessus labyrinthi*, Fig. 246 *l r*). Bei niederen Wirbelthieren entwickelt sich derselbe zu einem besonderen, mit Kalkkrystallen erfüllten Hohlraum, der bei einigen Ur-

Fig. 245. Das knöcherne Labyrinth des menschlichen Gehörorgans (der linken Seite). *a* Vorhof. *b* Schnecke. *c* oberer Bogengang. *d* hinterer Bogengang. *e* äusserer Bogengang. *f* ovales Fenster. *g* rundes Fenster. (Nach Meyer.)

fischen sogar zeitlebens offen bleibt und oben auf dem Schädel nach aussen mündet (*Ductus endolymphaticus*). Bei den Säugethieren hin-

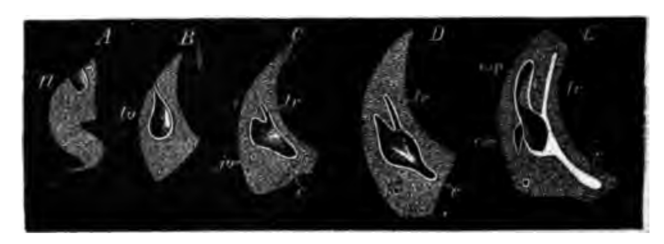


Fig. 246.

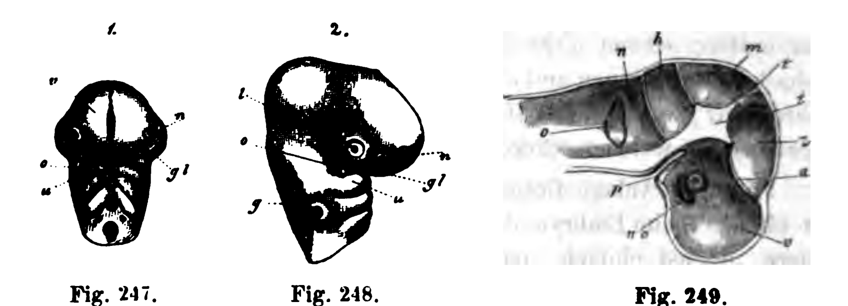


Fig. 247. Fig. 248. Fig. 249.

gegen verkümmert der Labyrinth-Anhang. Er ist hier bloss von Interesse als ein rudimentäres Organ, welches jetzt keine physiologische Bedeutung mehr besitzt. Der unnütze Rest desselben durchzieht als ein enger Canal die Knochenwand des Felsenbeines und führt den Namen der »Wasserleitung des Vorhofs« (*Aquaeductus vestibuli*).

Nur der innere und untere, blasenförmig erweiterte Theil des abgeschnürten Gehörbläschens entwickelt sich zu der höchst compli-

---

Fig. 246. Entwickelung des Gehör-Labyrinthes, vom Hühnchen, in fünf auf einander folgenden Stufen (*A*—*E*). (Senkrechte Querschnitte der Schädel-Anlage.) *fl* Gehörgrübchen. *lv* Gehörbläschen. *lr* Labyrinth-Anhang. *c* Anlage der Schnecke. *csp* Hinterer Bogengang. *cse* Aeusserer Bogengang. *jr* Jugularvene. (Nach Reissner.)

Fig. 247, 248. Kopf eines Hühner-Embryo, vom dritten Brütetage: 247 von vorn, 248 von der rechten Seite. *n* Nasen-Anlage (Geruchs-Grübchen.) *l* Augen-Anlage (Gesichts-Grübchen). *g* Ohr-Anlage (Gehör-Grübchen). *v* Vorderhirn. *gl* Augenspalte. *o* Oberkieferfortsatz. *u* Unterkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens. (Nach Koelliker.)

Fig. 249. Urschädel des menschlichen Embryo von vier Wochen, senkrecht durchschnitten und die linke Hälfte von innen her betrachtet. *v*, *z*, *m*, *h*, *n* die fünf Gruben der Schädelhöhle, in denen die fünf Hirnblasen liegen (Vorderhirn, Zwischenhirn, Mittelhirn, Hinterhirn und Nachhirn). *o* birnförmiges primäres Gehörbläschen (durchschimmernd). *a* Auge (durchschimmernd). *no* Sehnerv. *p* Canal der Hypophysis. *t* Mittlerer Schädelbalken. (Nach Koelliker.)

cirten und differenzirten Bildung, welche man später unter dem Namen des »secundären Labyrinthes« zusammenfasst. Dieses Bläschen sondert sich schon frühzeitig in einen oberen grösseren und unteren kleineren Abschnitt. Aus dem ersteren entsteht der Gehörschlauch (*Utriculus*) mit den drei Bogengängen oder Ringcanälen; aus dem letzteren das Gehörsäckchen (*Sacculus*) mit der Schnecke (Fig. 246 *c*). Die drei Bogengänge entstehen als einfache taschenförmige Ausstülpungen des Schlauches (Fig. 246 *E, c s e* und *c s p*). Im mittleren Theile jeder Ausstülpung verwachsen ihre beiden Wände und schnüren sich von dem Schlauche ab, während ihre beiden Enden in offener Verbindung mit dessen Höhlung bleiben. Alle Paarnasen haben gleich dem Menschen drei Ringcanäle, während unter den Cyclostomen die Lampreten nur zwei und die Myxinoiden nur einen Ringcanal besitzen (S. 459). Das höchst verwickelte Gebäude der Schnecke, welches zu den feinsten und bewunderungswürdigsten Anpassungs-Producten des Säugethier-Körpers gehört, entwickelt sich ursprünglich in der einfachsten Weise als eine flaschenförmige Ausbuchtung des Gehörsäckchens. Die verschiedenen ontogenetischen Ausbildungsstufen desselben finden sich, wie HASSE gezeigt hat, in der Reihe der höheren Wirbelthiere neben einander bleibend vor.[173]) Auch noch bei den Monotremen fehlt die schneckenförmige Spiralkrümmung der Cochlea, welche nur für die übrigen Säugethiere und den Menschen charakteristisch ist.

Der Gehörnerv (*Nervus acusticus*) oder der achte Gehirnnerv, welcher sich mit dem einen Hauptaste auf der Schnecke, mit dem anderen Hauptaste auf den übrigen Theilen des Labyrinthes ausbreitet, ist, wie GEGENBAUR gezeigt hat, der sensible Dorsal-Ast eines spinalen Gehirn-Nerven, dessen motorischer Ventral-Ast der Bewegungs-Nerv der Gesichtsmuskeln (*Nervus facialis*) ist. Er ist daher phylogenetisch aus einem gewöhnlichen Hautnerven entstanden, mithin ganz anderen Ursprungs, als der Sehnerv und der Geruchsnerv, die beide directe Ausstülpungen des Gehirns darstellen. In dieser Beziehung ist das Gehörorgan wesentlich vom Gesichts- und Geruchs-Organ verschieden. Der Gehörnerv entsteht aus Bildungszellen der Kopfplatten, also aus dem Hautfaserblatte. Aus demselben entstehen auch sämmtliche häutigen, knorpeligen und knöchernen Umhüllungen des Gehör-Labyrinthes.

Ganz getrennt von dem Schallempfindungs-Apparate entwickelt sich der Schallleitungs-Apparat, den wir in dem äusseren und mittleren Ohre der Säugethiere vorfinden. Er ist ebenso phylogene-

Zweiunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Ohres.

I. Erste Periode.

Der Gehörnerv ist ein gewöhnlicher sensibler Hautnerv, **welcher an eine** besondere Hautstelle des Kopfes mit differenzirter Hornplatte **herantritt.**

II. Zweite Periode.

Die differenzirte Stelle der Hornplatte, an welche der **Gehörnerv herantritt,** bildet ein besonderes Gehörgrübchen in der Haut, welches **durch einen Ausführgang** (den »Labyrinth-Anhang«) aussen mündet.

III. Dritte Periode.

Das Gehörgrübchen hat sich als geschlossenes, mit **Flüssigkeit gefülltes** Gehörbläschen von der Hornplatte abgeschnürt. Der **»Labyrinth-Anhang«** wird rudimentär (Aquaeductus vestibuli).

IV. Vierte Periode.

Das Gehörbläschen sondert sich in zwei zusammenhängende **Theile**: Gehörschlauch (Utriculus) und Gehörsäckchen (Sacculus). **An jedes der** beiden Bläschen tritt ein besonderer Hauptast des Gehörnerven **heran.**

V. Fünfte Periode.

Aus dem Gehörschlauch wachsen drei Bogengänge **oder Ringcanäle** hervor (wie bei allen Amphirhinen).

VI. Sechste Periode.

Aus dem Gehörsäckchen wächst die Schnecke (Cochlea) **hervor bei** Fischen und Amphibien sehr unbedeutend, erst bei den Amnioten **als selbstständiger** Theil entwickelt).

VII. Siebente Periode.

Die erste Kiemenspalte (oder das »Spritzloch« der Selachier, **verwandelt** sich in Paukenhöhle und Eustachische Ohrtrompete: **erstere ist** aussen durch das Paukenfell geschlossen. (Amphibien.)

VIII. Achte Periode.

Aus Theilen des ersten und zweiten Kiemenbogens entwickeln **sich die** Gehörknöchelchen der Säugethiere (Hammer und Ambos **aus dem ersten,** Steigbügel aus dem zweiten Kiemenbogen).

IX. Neunte Periode.

Das äussere Ohr entwickelt sich nebst dem knöchernen Gehörgang. Die Ohrmuschel ist zugespitzt und beweglich (wie bei den meisten **niederen** Säugethieren).

X. Zehnte Periode.

Die Ohrmuschel mit ihren Muskeln tritt ausser Gebrauch und **wird rudimentäres** Organ. Sie besitzt keine Spitze mehr, dagegen einen **umgeklappten** Rand und ein Ohrläppchen (wie bei den anthropoiden Affen und beim **Menschen**).

Dreiunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die Entwickelungsgeschichte des menschlichen Ohres.

I. Uebersicht über die Theile des inneren Ohres (Schallempfindungs-Apparat).

A. Producte der Hornplatte	1. Stiel der primären Gehörblase	1. Wasserleitung des Vorhofs (Ductus endolymphaticus)	*Aquaeductus vestibuli s. Recessus labyrinthi*
	2. 3. Oberes Stück der primären Gehörblase	2. Gehörschlauch	*Utriculus*
		3. Drei Ringcanäle oder Bogengänge	*Canales semicirculares*
	4. 5. Unteres Stück der primären Gehörblase	4. Gehörsäckchen	*Sacculus*
		5. Schnecke	*Cochlea*
B. Producte der Kopfplatte	6. Gehörnerv	6. Gehörnerv	*Nervus acusticus*
	7. Knöcherne Umhüllung des häutigen Labyrinthes	7. Knöchernes Labyrinth	*Labyrinthus osseus*
	8. Knöcherne Hülle des gesammten inneren Ohres	8. Felsenbein	*Os petrosum*

II. Uebersicht über die Theile des mittleren und äusseren Ohres (Schallleitungs-Apparat).

C. Producte der ersten Kiemenspalte	9. Innerer Theil der ersten Kiemenspalte	9. Ohrtrompete	*Tuba Eustachii*
	10. Mittlerer Theil der ersten Kiemenspalte	10. Paukenhöhle (Trommelhöhle)	*Cavum tympani*
	11. Verschlussstelle der ersten Kiemenspalte	11. Paukenfell (Trommelfell)	*Membrana tympani*
D. Producte der beiden ersten Kiemenbogen	12. Oberstes Stück des zweiten Kiemenbogens	12. Steigbügel (erster Gehörknochen)	*Stapes*
	13. Oberstes Stück des ersten Kiemenbogens	13. Ambos (zweiter Gehörknochen)	*Incus*
	14. Mittleres Stück des ersten Kiemenbogens	14. Hammer (dritter Gehörknochen)	*Malleus*
E. Product der Kopfplatte	15. Paukenring (Annulus tympanicus)	15. Knöcherner äusserer Gehörgang	*Meatus auditorius osseus*
F. Product der Hautdecke	16. Ringförmige Hautfalte an der Verschlussstelle der ersten Kiemenspalte	16. Ohrmuschel	*Concha auris*
		17. Rudimentäre Ohrmuskeln	*Musculi conchae*

tisch wie ontogenetisch als eine selbstständige secundäre Bildung zu betrachten, die erst nachträglich zu dem primären inneren Ohr hinzutritt. Die Entwickelung desselben ist jedoch nicht minder interessant und wird ebenfalls durch die vergleichende Anatomie vortrefflich erläutert. Bei allen Fischen und bei den noch tiefer stehenden niedersten Wirbelthieren existirt noch gar kein besonderer Schallleitungs-Apparat, kein äusseres und mittleres Ohr; diese haben nur ein Labyrinth, ein inneres Ohr, welches innen im Schädel liegt. Hingegen fehlt ihnen das Trommelfell, die Paukenhöhle und Alles, was dazu gehört. Das mittlere Ohr entwickelt sich erst in der Klasse der Amphibien, wo wir zuerst ein Trommelfell, eine Trommelhöhle und eine Ohrtrompete antreffen. Alle diese wesentlichen Bestandtheile des mittleren Ohres entstehen aus der ersten Kiemenspalte und deren Umgebung, welche bei den Urfischen zeitlebens als offenes »Spritzloch« fortbesteht und zwischen dem ersten und zweiten Kiemenbogen liegt. Beim Embryo der höheren Wirbelthiere verwächst sie in ihrem mittleren Theile und diese Verwachsungsstelle gestaltet sich zum Trommelfell. Der nach aussen davon gelegene Rest der ersten Kiemenspalte ist die Anlage des äusseren Gehörganges. Aus dem inneren Theile derselben entsteht die Paukenhöhle und weiter nach innen die Eustachische Trompete. In Zusammenhang damit steht die Entwickelung der drei Gehörknöchelchen aus den beiden ersten Kiemenbogen: Hammer und Ambos bilden sich aus dem ersten, der Steigbügel hingegen aus dem obersten Ende des zweiten Kiemenbogen.[174])

Was schliesslich das äussere Ohr betrifft, nämlich die Ohrmuschel und den äusseren Gehörgang, der von da aus bis zum Trommelfell hinführt, so entwickeln sich diese Theile in einfachster Weise aus der Hautdecke, welche die äussere Mündung der ersten Kiemenspalte begrenzt. Die Ohrmuschel erhebt sich hier in Gestalt einer ringförmigen Hautfalte, in der später Knorpel und Muskeln entstehen (Fig. 238, S. 573). Uebrigens ist dieses Organ bloss der Klasse der Säugethiere eigenthümlich. Ursprünglich fehlt dasselbe hier nur der niedersten Abtheilung, den Schnabelthieren oder Monotremen. Dagegen findet es sich bei den übrigen auf sehr verschiedenen Stufen der Entwickelung und theilweise auch der Rückbildnng vor. Rückgebildet ist die Ohrmuschel bei den meisten im Wasser lebenden Säugethieren. Die Mehrzahl derselben hat sie sogar ganz verloren, so namentlich die Seerinder und Walfische und die meisten Robben. Hingegen ist die Ohrmuschel bei der grossen Mehrzahl der Beutelthiere und Placentalthiere gut entwickelt, dient zum Auffangen und

Sammeln der Schallwellen und ist mit einem sehr entwickelten Muskel-Apparat versehen, mittelst dessen die Ohrmuschel frei nach allen Seiten gedreht und zugleich ihre Gestalt verändert werden kann. Sie wissen, wie kräftig und frei unsere Haussäugethiere, die Pferde, Rinder, Hunde, Kaninchen u. s. w. ihre Ohren »spitzen«, aufrichten und nach anderen Richtungen bewegen. Dasselbe thun die meisten Affen noch heute, und dasselbe konnten auch früher unsere älteren Affen-Ahnen thun. Aber die jüngeren Affen-Ahnen, die wir mit den anthropoiden Affen (Gorilla, Schimpanse u. s. w.) gemein haben, gewöhnten sich jene Ohr-Bewegungen ab, und daher sind die bewegenden Muskeln allmählich rudimentär und nutzlos geworden. Trotzdem besitzen wir dieselben noch heute (Fig. 250). Auch können einzelne

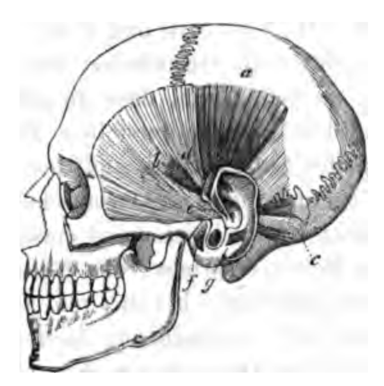


Fig. 250.

Menschen noch ihre Ohren mittelst der Vorziehmuskeln (*b*) und der Rückziehmuskeln (*c*) ein wenig nach vorn oder nach hinten bewegen; und durch fortgesetzte Uebung kann man diese Bewegungen allmählich verstärken. Hingegen ist kein Mensch mehr im Stande, die Ohrmuschel durch den Aufziehmuskel (*a*) in die Höhe zu ziehen, oder durch die kleinen inneren Ohrmuskeln (*d*, *e*, *f*, *g*) ihre Gestalt zu verändern. Diese Muskeln, die unseren Vorfahren sehr nützlich waren, sind für uns völlig bedeutungslos geworden. Dasselbe gilt für die anthropoiden Affen.

Fig. 250. Die rudimentären Ohrmuskeln am menschlichen Schädel. *a* Aufzieh-Muskel (*M. attollens*). *b* Vorzieh-Muskel (*M. attrahens*). *c* Rückzieh-Muskel (*M. retrahens*). *d* Grosser Ohrleisten-Muskel (*M. helicis major*). *e* Kleiner Ohrleisten-Muskel (*M. helicis minor*). *f* Ohrecken-Muskel (*Musculus tragicus*). *g* Gegenecken-Muskel (*Musculus antitragicus*). (Nach H. Meyer.)

der Schleimhaut des Schlundes ist. Innerhalb der Trommelhöhle befinden sich die drei zierlichen kleinen Gehörknöchelchen, welche nach ihrer charakteristischen Gestalt als Hammer, Ambos und Steigbügel bezeichnet werden (Fig. 244 *fgh*). Am meisten nach aussen liegt der Hammer (*f*), inwendig am Trommelfell: der Ambos (*g*) ist zwischen den beiden anderen eingefügt, oberhalb und nach innen vom Hammer: der Steigbügel endlich (*h*) liegt inwendig am Ambos und berührt mit seiner Basis die äussere Wand des inneren Ohres oder der Gehörblase. Alle die genannten Theile des äusseren und mittleren Ohres gehören zum Schallleitungs-Apparate. Sie haben wesentlich die Aufgabe, die von aussen kommenden Schallwellen durch die dicke Seitenwand des Kopfes hindurch zu der innerlich darin verborgenen Gehörblase zu leiten. Den Fischen fehlen alle diese Theile noch gänzlich. Hier werden die Schallwellen direct durch die Kopfwand selbst zur Gehörblase hingeleitet.

Der innere Schallempfindungs-Apparat, welcher die dergestalt zugeleiteten Schallwellen aufnimmt, besteht beim Menschen, wie bei allen anderen Wirbelthieren (einzig den Amphioxus ausgenommen!) aus einer geschlossenen, mit Flüssigkeit gefüllten G e h ö r b l a s e, und einem G e h ö r n e r v e n, dessen Endigungen sich auf der Wand dieser Blase ausbreiten. Die Schwingungen der Schallwellen werden durch jene Medien auf diese Nerven-Endigungen übertragen. In dem Gehörwasser oder »Labyrinthwasser«, das die Gehörblase erfüllt, liegen den Eintrittsstellen des Gehörnerven gegenüber kleine Steinchen, die aus Haufen von mikroskopischen Kalkkrystallen zusammengesetzt sind (Gehörsteine, *Otolithi*). Die gleiche Zusammensetzung hat im Wesentlichen auch das Gehörorgan der meisten wirbellosen Thiere. Gewöhnlich besteht dasselbe auch hier aus einem geschlossenen Bläschen, das mit Flüssigkeit erfüllt ist, das Gehörsteinchen enthält, und auf dessen Wand sich der Gehörnerv ausbreitet. Während aber das Gehörbläschen hier meistens eine ganz einfache, kugelige oder länglich-runde Gestalt besitzt, zeichnet sich dasselbe dagegen bei allen Amphirhinen (— also bei allen Wirbelthieren von den Fischen aufwärts bis zum Menschen hinauf —) durch eine sehr eigenthümliche und sonderbare, als G e h ö r - L a b y r i n t h bezeichnete Bildung aus. Dieses dünnhäutige Labyrinth ist in einer ebenso geformten Knochenkapsel, dem knöchernen Labyrinth, eingeschlossen (Fig. 245), und dieses liegt mitten im Felsenbein des Schädels. Das Labyrinth aller Amphirhinen ist in zwei Blasen gesondert. Die grössere Gehörblase heisst G e h ö r s c h l a u c h (*Utriculus*) und besitzt drei bogenförmige

Anhänge, die sogenannten »halbcirkelförmigen Canäle« (*c d e*). Die kleinere Gehörblase heisst Gehörsäckchen (*Sacculus*) und steht mit einem eigenthümlichen Anhang in Verbindung, der sich beim Menschen und den höheren Säugethieren durch seine spiralige, einem Schneckenhause ähnliche Gestalt auszeichnet und daher Schnecke (*Cochlea*) genannt wird (*b*). Auf der dünnen Wand dieses zarthäutigen Labyrinthes breitet sich in höchst verwickelter Weise der Gehörnerv aus, der vom Nachhirn an die Gehörblasen herantritt. Er spaltet sich in zwei Hauptäste, einen Schnecken-Nerven (für die Schnecke) und einen Vorhofs-Nerven (für die übrigen Theile des Labyrinthes). Der erstere scheint mehr die Qualität, der letztere die Quantität der Schall-Empfindungen zu vermitteln. Durch den Schnecken-Nerven erfahren wir, von welcher Höhe und Klangfarbe, durch den Vorhofs-Nerven, von welcher Stärke die Töne sind.



Fig. 245.

Die erste Anlage dieses höchst verwickelt gebauten Gehör-Organs ist ebenso beim Embryo des Menschen, wie aller anderen Schädelthiere, höchst einfach, nämlich eine grubenförmige Vertiefung der äusseren Oberhaut. Hinten am Kopfe entsteht jederseits neben dem Nachhirn, am oberen Ende der zweiten Kiemenspalte, eine schwielenartige kleine Verdickung der Hornplatte (Fig. 246 *Afl*; 248 *g*). Diese vertieft sich zu einem Grübchen und schnürt sich von der äusseren Oberhaut ab, gerade so wie die Linse des Auges (vergl. S. 578). So entsteht demnach unmittelbar unter der Hornplatte des Hinterkopfes jederseits ein kleines, mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen, das primitive Ohrbläschen oder Gehörbläschen, oder das »primäre Labyrinth« (Taf. VI und VII *o*). Indem sich dasselbe von seiner Ursprungsstätte, der Hornplatte, ablöst, und nach innen und unten in den Schädel hinein wächst, geht seine rundliche Gestalt in eine birnförmige über (Fig. 246 *B l v*; 249 *o*). Der äussere Theil desselben nämlich verlängert sich in einen dünnen Stiel, der anfänglich noch durch einen engen Canal aussen mündet (vergl. Fig. 137 *f*, S. 307). Das ist der sogenannte Labyrinth-Anhang (*Recessus labyrinthi*, Fig. 246 *lr*). Bei niederen Wirbelthieren entwickelt sich derselbe zu einem besonderen, mit Kalkkrystallen erfüllten Hohlraum, der bei einigen Ur-

---

Fig. 245. Das knöcherne Labyrinth des menschlichen Gehörorgans (der linken Seite). *a* Vorhof. *b* Schnecke. *c* oberer Bogengang. *d* hinterer Bogengang. *e* äusserer Bogengang. *f* ovales Fenster. *g* rundes Fenster. (Nach MEYER.)

fischen sogar zeitlebens offen bleibt und oben auf dem Schädel nach aussen mündet (*Ductus endolymphaticus*). Bei den Säugethieren hin-



Fig. 246.

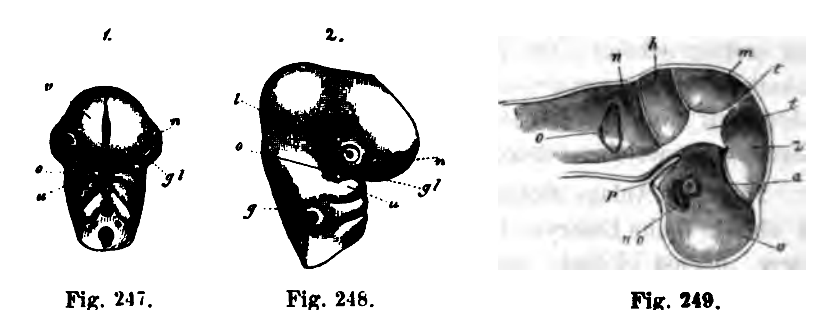


Fig. 247. Fig. 248. Fig. 249.

gegen verkümmert der Labyrinth-Anhang. Er ist hier bloss von Interesse als ein rudimentäres Organ, welches jetzt keine physiologische Bedeutung mehr besitzt. Der unnütze Rest desselben durchzieht als ein enger Canal die Knochenwand des Felsenbeines und führt den Namen der »Wasserleitung des Vorhofs« (*Aquaeductus vestibuli*).

Nur der innere und untere, blasenförmig erweiterte Theil des abgeschnürten Gehörbläschens entwickelt sich zu der höchst compli-

---

Fig. 246. Entwickelung des Gehör-Labyrinthes, vom Hühnchen, in fünf auf einander folgenden Stufen (*A—E*). (Senkrechte Querschnitte der Schädel-Anlage.) *fl* Gehörgrübchen. *lv* Gehörbläschen. *lr* Labyrinth-Anhang. *c* Anlage der Schnecke. *csp* Hinterer Bogengang. *cse* Aeusserer Bogengang. *jr* Jugularvene. (Nach Reissner.)

Fig. 247, 248. Kopf eines Hühner-Embryo, vom dritten Brütetage: 247 von vorn, 248 von der rechten Seite. *n* Nasen-Anlage (Geruchs-Grübchen.) *l* Augen-Anlage (Gesichts-Grübchen). *g* Ohr-Anlage (Gehör-Grübchen). *v* Vorderhirn. *gl* Augenspalte. *o* Oberkieferfortsatz. *u* Unterkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens. (Nach Koelliker.)

Fig. 249. Urschädel des menschlichen Embryo von vier Wochen, senkrecht durchschnitten und die linke Hälfte von innen her betrachtet. *v, z, m, h, n* die fünf Gruben der Schädelhöhle, in denen die fünf Hirnblasen liegen (Vorderhirn, Zwischenhirn, Mittelhirn, Hinterhirn und Nachhirn). *o* birnförmiges primäres Gehörbläschen (durchschimmernd). *a* Auge (durchschimmernd). *no* Sehnerv. *p* Canal der Hypophysis. *t* Mittlerer Schädelbalken. (Nach Koelliker.)

cirten und differenzirten Bildung, welche man später unter dem Namen des »secundären Labyrinthes« zusammenfasst. Dieses Bläschen sondert sich schon frühzeitig in einen oberen grösseren und unteren kleineren Abschnitt. Aus dem ersteren entsteht der Gehörschlauch (*Utriculus*) mit den drei Bogengängen oder Ringcanälen; aus dem letzteren das Gehörsäckchen (*Sacculus*) mit der Schnecke (Fig. 246 *c*). Die drei Bogengänge entstehen als einfache taschenförmige Ausstülpungen des Schlauches (Fig. 246 *E, c s e* und *c s p*). Im mittleren Theile jeder Ausstülpung verwachsen ihre beiden Wände und schnüren sich von dem Schlauche ab, während ihre beiden Enden in offener Verbindung mit dessen Höhlung bleiben. Alle Paarnasen haben gleich dem Menschen drei Ringcanäle, während unter den Cyclostomen die Lampreten nur zwei und die Myxinoiden nur einen Ringcanal besitzen (S. 459). Das höchst verwickelte Gebäude der Schnecke, welches zu den feinsten und bewunderungswürdigsten Anpassungs-Producten des Säugethier-Körpers gehört, entwickelt sich ursprünglich in der einfachsten Weise als eine flaschenförmige Ausbuchtung des Gehörsäckchens. Die verschiedenen ontogenetischen Ausbildungsstufen desselben finden sich, wie HASSE gezeigt hat, in der Reihe der höheren Wirbelthiere neben einander bleibend vor.[173]) Auch noch bei den Monotremen fehlt die schneckenförmige Spiralkrümmung der Cochlea, welche nur für die übrigen Säugethiere und den Menschen charakteristisch ist.

Der Gehörnerv (*Nervus acusticus*) oder der achte Gehirnnerv, welcher sich mit dem einen Hauptaste auf der Schnecke, mit dem anderen Hauptaste auf den übrigen Theilen des Labyrinthes ausbreitet, ist, wie GEGENBAUR gezeigt hat, der sensible Dorsal-Ast eines spinalen Gehirn-Nerven, dessen motorischer Ventral-Ast der Bewegungs-Nerv der Gesichtsmuskeln (*Nervus facialis*) ist. Er ist daher phylogenetisch aus einem gewöhnlichen Hautnerven entstanden, mithin ganz anderen Ursprungs, als der Sehnerv und der Geruchsnerv, die beide directe Ausstülpungen des Gehirns darstellen. In dieser Beziehung ist das Gehörorgan wesentlich vom Gesichts- und Geruchs-Organ verschieden. Der Gehörnerv entsteht aus Bildungszellen der Kopfplatten, also aus dem Hautfaserblatte. Aus demselben entstehen auch sämmtliche häutigen, knorpeligen und knöchernen Umhüllungen des Gehör-Labyrinthes.

Ganz getrennt von dem Schallempfindungs-Apparate entwickelt sich der Schallleitungs-Apparat, den wir in dem äusseren und mittleren Ohre der Säugethiere vorfinden. Er ist ebenso phylogene-

bildetes inneres Gerüste, an welchem sich die Muskeln des Fleisches äusserlich befestigen und eine feste Stütze finden. Dieses Knochengerüste stellt einen zusammengesetzten Hebelapparat, einen passiven Bewegungs-Apparat dar. Die starren Theile desselben, die Hebelarme oder Knochen, werden durch die activ beweglichen Muskelstränge, wie durch Zugseile gegen einander bewegt. Dieses ausgezeichnete Locomotorium und namentlich dessen feste centrale Axe, die Wirbelsäule, ist eine besondere Eigenthümlichkeit der Vertebraten, und gerade deshalb hat man ja die ganze Abtheilung schon seit langer Zeit Wirbelthiere genannt.

Nun hat sich aber das innere Skelet bei den verschiedenen Klassen der Wirbelthiere trotz der Gleichartigkeit der ersten Anlage so mannichfaltig und eigenthümlich entwickelt, und bei den höheren Abtheilungen derselben zu einem so zusammengesetzten Apparate gestaltet, dass gerade hier die vergleichende Anatomie eine Hauptfundgrube besitzt. Das erkannte bereits die ältere Naturphilosophie im Anfange unseres Jahrhunderts, und bemächtigte sich gleich anfangs mit besonderer Vorliebe dieses höchst dankbaren Materials. Auch die Wissenschaft, die wir gegenwärtig in höherem, philosophischen Sinne »Vergleichende Anatomie« nennen, hat auf diesem Gebiete ihre reichste Ernte gehalten. Die vergleichende Anatomie der Gegenwart hat das Skelet der Wirbelthiere gründlicher erkannt und seine Bildungsgesetze mit mehr Erfolg entschleiert, als dies bei irgend einem anderen Organ-Systeme des Thierkörpers der Fall gewesen ist. Hier mehr als irgendwo gilt der bekannte und viel citirte Spruch, in welchem GOETHE das allgemeinste Resultat seiner Untersuchungen über Morphologie zusammenfasste:

»Alle Gestalten sind ähnlich, doch keine gleichet der andern;
»Und so deutet der Chor auf ein geheimes Gesetz.«

Und heute, wo wir dieses »geheime Gesetz«, dieses »heilige Räthsel« durch die Descendenz-Theorie gelöst haben, wo wir die Aehnlichkeit der Gestalten durch die Vererbung, ihre Ungleichheit durch die Anpassung erklären, heute können wir in dem ganzen reichen Arsenal der vergleichenden Anatomie keine Waffen finden, welche die Wahrheit der Abstammungslehre kräftiger vertheidigten, als die Vergleichung des inneren Skelets bei den verschiedenen Wirbelthieren. Wir dürfen daher schon von vornherein erwarten, dass dieselbe auch für unsere Entwickelungsgeschichte des Menschen eine ganz besondere Bedeutung besitzt. Das innere Skelet der Wirbelthiere ist eins von jenen Organen, über dessen Phylogenie wir

durch die vergleichende Anatomie viel wichtigere und tiefere Aufschlüsse erhalten, als durch die Ontogenie.[176]

Bei keinem anderen Organ-Systeme drängt sich dem vergleichenden Beobachter so klar und so unmittelbar, wie bei dem inneren Skelete der Wirbelthiere, die Nothwendigkeit des phylogenetischen Zusammenhanges der verwandten und doch so verschiedenen Gestalten auf. Wenn wir das Knochengerüste des Menschen mit demjenigen der übrigen Säugethiere und dieses wiederum mit dem der niederen Wirbelthiere denkend vergleichen, so müssen wir daraus allein schon die Ueberzeugung von der wahren Stammverwandtschaft aller Wirbelthiere schöpfen. Denn alle die einzelnen Theile, welche dieses Knochengerüste zusammensetzen, finden sich zwar in mannichfach verschiedener Form, aber in derselben charakteristischen Lagerung und Verbindung auch bei den anderen Säugethieren vor; und wenn wir von diesen abwärts die anatomischen Verhältnisse des Skelets vergleichend verfolgen, so können wir überall einen ununterbrochenen und unmittelbaren Zusammenhang zwischen den verschiedenartigen und anscheinend so abweichenden Bildungen nachweisen, und alle können wir schliesslich von einer einfachsten gemeinsamen Grundform ableiten. Hieraus allein schon muss sich für jeden Anhänger der Entwickelungslehre mit voller Sicherheit ergeben, dass alle Wirbelthiere mit Inbegriff des Menschen von einer einzigen gemeinsamen Stammform, von einem Urwirbelthiere, abzuleiten sind. Denn die morphologischen Verhältnisse des inneren Skelets und ebenso auch des dazu in engster Wechselbeziehung stehenden Muskelsystems sind der Art, dass man gerade hier unmöglich an einen polyphyletischen Ursprung, an eine Abstammung von mehreren verschiedenen Wurzelformen denken kann. Unmöglich kann man bei reiflichem Nachdenken die Annahme gelten lassen, dass die Wirbelsäule mit ihren verschiedenen Anhängen oder dass das Skelet der Gliedmaassen mit seinen vielfach differenzirten Theilen mehrmals im Laufe der Erdgeschichte entstanden sei, und dass die verschiedenen Wirbelthiere demnach von verschiedenen Descendenz-Linien wirbelloser Thiere abzuleiten seien. Vielmehr drängt gerade hier die vergleichende Anatomie und Ontogenie mit unwiderstehlicher Gewalt zu der monophyletischen Ueberzeugung, dass das Menschengeschlecht ein jüngstes Aestchen desselben gewaltigen, einheitlichen Stammes ist, aus dessen Zweigwerk auch alle übrigen Wirbelthiere entsprungen sind.

Vierunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die Zusammensetzung des menschlichen Skelets.

A. Central-Skelet oder Axen-Skelet. Rückgrat.

Aa: **Wirbelkörper u. Obere Bogen.**		Ab: **Untere Wirbelbogen.**	
1. Schädel (*Cranium*)	1 a Praevertebraler Sch. 1 b Vertebraler Schädel	1. Kiemenbogen-Producte	***Producta arcuum branchialium***
2. Wirbelsäule (*Columna vertebralis*)	7 Halswirbel 12 Brustwirbel 5 Lendenwirbel 5 Kreuzwirbel 4 Schwanzwirbel	2. Rippen und Brustbein	***Costae et Sternum***

B. Gürtel-Skelet der Gliedmaassen.

Ba: **Gürtel-Skelet der Vorderbeine: Schultergürtel.**		Bb: **Gürtel-Skelet der Hinterbeine: Beckengürtel.**	
1. Schulterblatt	*Scapula*	1. Darmbein	***Os ilium***
[2. Urschlüsselbein	*Procoracoides* †]	2. Schambein	***Os pubis***
[3. Rabenbein	*Coracoides* †]	3. Sitzbein .	***Os ischii***
4. Schlüsselbein	*Clavicula*	— — — — —	— —

C. Glieder-Skelet der Gliedmaassen.

Ca: **Glieder-Skelet der Vorderbeine:**		Cb: **Glieder-Skelet der Hinterbeine.**	
I. Erster Abschnitt: Oberarm.		I. Erster Abschnitt: Oberschenkel.	
1. Oberarmbein	*Humerus*	1. Oberschenkelbein	*Femur*
II. Zweiter Abschnitt: Unterarm.		II. Zweiter Abschnitt: Unterschenkel.	
2. Speichenbein	*Radius*	2. Schienbein	*Tibia*
3. Ellenbein	*Ulna*	3. Wadenbein	*Fibula*
III. Dritter Abschnitt: Hand.		III. Dritter Abschnitt: Fuss.	
III. A. Handwurzel	*Carpus*	III. A. Fusswurzel.	*Tarsus*
Ursprüngliche Stücke	Umgebildete Stücke	Ursprüngliche Stücke	Umgebildete Stücke
a. Radiale	= *Scaphoideum*	a. Tibiale	= *Astragalus*
b. Intermedium	= *Lunatum*	b. Intermedium	(= *Astragalus*)
c. Ulnare	= *Triquetrum*	c. Fibulare	= *Calcaneus*
(d. Centrale	= *Intermedium* †)	d. Centrale	= *Naviculare*
e. Carpale I	= *Trapezium*	e. Tarsale I	= *Cuneiforme* I
f. Carpale II	= *Trapezoides*	f. Tarsale II	= *Cuneiforme* II
g. Carpale III	= *Capitatum*	g. Tarsale III	= *Cuneiforme* III
h. Carpale IV+V	= *Hamatum*	h. Tarsale IV+V	= *Cuboides*
III B. Mittelhand *Metacarpus* (5).		III B. Mittelfuss *Metatarsus* (5).	
III C. Fünf Finger; *Digiti* (14 Knochen: *Phalanges*).		III C. Fünf Zehen; *Digiti* (14 Knochen: *Phalanges*).	

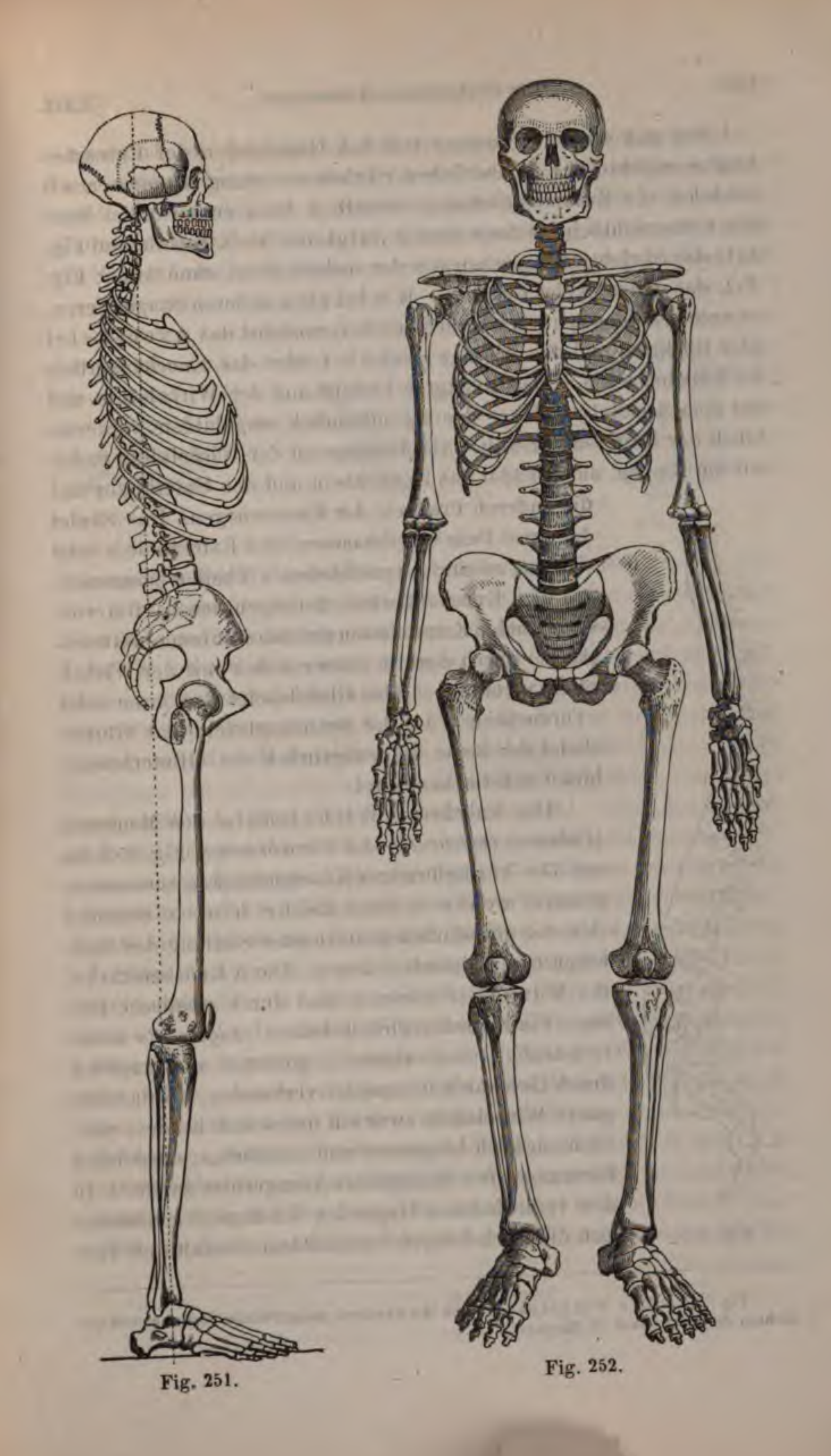


Fig. 251.

Fig. 252.

Um nun eine Anschauung von den Grundzügen der Entwickelungsgeschichte des menschlichen Skelets zu erlangen, müssen wir zunächst die Zusammensetzung desselben beim entwickelten Menschen übersichtlich ins Auge fassen (vergl. die 34ste Tabelle und Fig. 251, das Skelet des Menschen von der rechten Seite, ohne Arme; Fig. 252, das ganze Skelet von vorn). Wie bei allen anderen Säugethieren, so unterscheiden wir auch beim Menschen zunächst das Axenskelet oder Rückgrat und das Anhangsskelet oder das Knochengerüste der Gliedmaassen. Das Rückgrat besteht aus der Wirbelsäule und aus dem Schädel, welcher das eigenthümlich umgebildete vorderste Stück der letzteren darstellt. Als Anhänge an der Wirbelsäule finden wir die Rippen, am Schädel das Zungenbein und den Unterkiefer und die anderen Producte der Kiemenbogen. Das Skelet der zwei Paar Gliedmaassen oder Extremitäten setzt sich aus zweierlei verschiedenen Theilen zusammen, aus dem Knochengerüste der eigentlichen, frei vorspringenden Extremitäten und aus dem inneren Gürtelskelet, durch das die letzteren sich mit der Wirbelsäule verbinden. Das Gürtelskelet der Arme (oder »Vorderbeine«) ist der Schultergürtel; das Gürtelskelet der Beine (oder eigentlich der »Hinterbeine«) bildet den Beckengürtel.

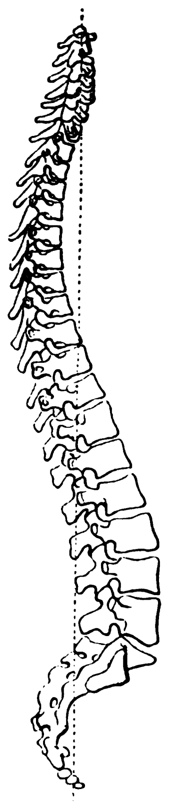


Fig. 253.

Die knöcherne Wirbelsäule des Menschen (*Columna vertebralis* oder *Vertebrarium*, Fig. 253) ist aus 33—34 ringförmigen Knochenstücken zusammengesetzt, welche in einer Reihe hinter einander (bei der gewöhnlichen aufrechten Stellung des Menschen über einander) liegen. Diese Knochenstücke, die Wirbel (*Vertebrae*) sind durch elastische Polster, die Zwischenwirbelscheiben (*Ligamenta intervertebralia*), von einander getrennt und zugleich durch Gelenke mit einander verbunden, so dass die ganze Wirbelsäule zwar ein festes und solides, aber doch zugleich biegsames und elastisches, nach allen Richtungen frei bewegliches Axengerüste darstellt. In den verschiedenen Gegenden des Rumpfes zeichnen sich die Wirbel durch verschiedene Gestalt und Ver-

Fig. 253. Die Wirbelsäule des Menschen (in aufrechter Stellung, von der rechten Seite). (Nach H. Meyer.)

bindung aus, und danach unterscheidet man an der menschlichen Wirbelsäule in der Richtung von oben nach unten folgende Gruppen: 7 Halswirbel, 12 Brustwirbel, 5 Lendenwirbel, 5 Kreuzwirbel und 4—5 Schwanzwirbel. Die obersten, zunächst an den Schädel stossenden, sind die Halswirbel (Fig. 254), ausgezeichnet durch ein Loch, welches



Fig. 254. Fig. 255. Fig. 256.

sich in jedem der beiden seitlich abgehenden Querfortsätze findet. Die Zahl der Halswirbel beträgt beim Menschen sieben, und ebenso bei fast allen übrigen Säugethieren, mag nun der Hals so lang sein wie beim Kamel und der Giraffe, oder so kurz wie beim Maulwurf und Igel. Diese beständige Siebenzahl, welche nur wenige (durch Anpassung erklärte) Ausnahmen hat, ist ein redender Beweis für die gemeinsame Descendenz aller Säugethiere; sie lässt sich nur durch die strenge Vererbung von einer gemeinsamen Stammform erklären, von einem Ursäugethier, welches sieben Halswirbel besass. Wäre jede Thierart für sich geschaffen worden, so würde es viel zweckmässiger gewesen sein, die langhalsigen Säugethiere mit einer grösseren, die kurzhalsigen mit einer kleineren Anzahl von Halswirbeln auszustatten. Auf die Halswirbel folgen zunächst die Brustwirbel, deren Zahl beim Menschen wie bei den meisten anderen Säugethieren 12—13 beträgt (gewöhnlich 12). Jeder Brustwirbel (Fig. 255) trägt seitlich, durch Gelenke verbunden, ein Paar Rippen, lange Knochenspangen, welche in der Brustwand liegen und diese stützen. Die zwölf Rippenpaare bilden zusammen mit den verbindenden Zwischenrippenmuskeln und mit dem Brustbein, welches vorn die Enden der rechten und linken Rippen verbindet, den Brustkorb (*Thorax*, Fig. 252, S. 599). In diesem elastischen und doch festen Brustkorb liegen die beiden Lungen und dazwischen das Herz. Auf die Brustwirbel folgt ein kurzer, aber starker Abschnitt der Wirbelsäule, der aus 5 grossen Wirbeln gebildet

Fig. 254. Der dritte Halswirbel des Menschen.
Fig. 255. Der sechste Brustwirbel des Menschen.
Fig. 256. Der zweite Lendenwirbel des Menschen.

wird. Das sind die Lendenwirbel (Fig. 256), welche keine Rippen tragen und keine Löcher in den Querfortsätzen zeigen. Dann folgt dahinter das Kreuzbein, welches zwischen die beiden Hälften des Beckengürtels eingefügt ist. Dieses Kreuzbein wird durch fünf feste, völlig mit einander verschmolzene Kreuzwirbel gebildet. Endlich zuletzt kommt eine kleine, rudimentäre Schwanzwirbelsäule, das sogenannte Steissbein (*Kokkyx*). Dieses Steissbein besteht aus einer wechselnden Anzahl (gewöhnlich 4, seltener 3 oder 5) kleinen verkümmerten Wirbeln, und ist ein nutzloses, rudimentäres Organ, welches sowohl beim Menschen wie bei den schwanzlosen Affen, den Anthropoiden, gar keine physiologische Bedeutung mehr besitzt. (Vergl. Fig. 204—208, S. 517). Aber morphologisch ist dasselbe von hohem Interesse, als ein unwiderleglicher Beweis, dass der Mensch und die Anthropoiden von langschwänzigen Affen abstammen. Denn nur durch diese Annahme lässt sich die Existenz dieses rudimentären Schwanzes überhaupt erklären. Beim menschlichen Embryo ragt sogar der Schwanz in frühen Perioden der Keimesgeschichte beträchtlich frei hervor. (Vergl. Taf. VII, Fig. *M* II und Fig. 123 *s*, 124 *s*, S. 318). Später verwächst er und ist äusserlich nicht mehr sichtbar. Aber die Reste der verkümmerten Schwanzwirbel und der sie früher bewegenden rudimentären Muskeln bleiben zeitlebens bestehen. Nach der Behauptung älterer Anatomen ist das Schwänzchen beim menschlichen Weibe gewöhnlich um einen Wirbel länger als beim Manne (hier vier, dort fünf Wirbel). [177]

	Wirbel-Zahlen verschiedener Catarhinen	Halswirbel	Brustwirbel	Lendenwirbel	Kreuzwirbel	Schwanzwirbel	Summa
Schwanzlose	Mensch (Fig. 208)	7	12	5	5	4	33
	Orang (Fig. 205)	7	12	5	4	5	33
	Gibbon (Fig. 204)	7	13	5	4	3	32
	Gorilla (Fig. 207)	7	13	4	4	5	33
	Schimpanse (Fig. 206)	7	14	4	4	5	34
Geschwänzte	Mandrill (*Mormon choras*)	7	13	6	3	5	34
	Drill (*Mormon leucophaeus*)	7	12	7	3	8	37
	Rhesus (*Inuus rhesus*)	7	12	7	2	18	46
	Sphinx (*Papio sphinx*)	7	13	6	3	24	53
	Simpai (*Semnopithecus melas*)	7	12	7	3	31	60

Die Zahl der Wirbel in der menschlichen Wirbelsäule beträgt gewöhnlich zusammen 33. Es ist jedoch von Interesse, dass diese Zahl häufig abgeändert wird, indem einer oder der andere Wirbel ausfällt, oder indem ein neuer überzähliger Wirbel sich einschaltet. Auch bildet sich nicht selten am letzten Halswirbel oder am ersten Lendenwirbel eine frei bewegliche Rippe, so dass dann 13 Brustwirbel neben 6 Halswirbeln oder 4 Lendenwirbeln bestehen. In dieser Weise können die angrenzenden Wirbel der verschiedenen Abtheilungen der Wirbelsäule sich einander stellvertretend ersetzen. Auf der anderen Seite zeigt die vorstehende Zusammenstellung der Wirbel-Zahlen verschiedener schwanzloser und geschwänzter Catarhinen, wie beträchtlichen Schwankungen diese Zahlen selbst innerhalb dieser einen Familie unterliegen.[178])

Um die Entwickelungsgeschichte der menschlichen Wirbelsäule zu verstehen, müssen wir nun die Gestalt und Zusammenfügung der Wirbel zunächst noch etwas näher betrachten. Jeder Wirbel hat im Allgemeinen die Gestalt eines Siegelringes (Fig. 254—256). Der dickere Theil desselben, der der Bauchseite zugekehrt ist, heisst der Wirbelkörper und bildet eine kurze Knochenscheibe; der dünnere Theil desselben bildet einen halbkreisförmigen Bogen, den Wirbelbogen, welcher der Rückenseite zugewendet ist. Die Bogen aller hinter einander liegenden Wirbel sind durch dünne »Zwischenbogenbänder« (*Ligamenta intercruralia*) in der Weise mit einander verbunden, dass der von ihnen gemeinschaftlich umschlossene Hohlraum einen langen Canal herstellt. In diesem Rückgrat-Canal oder Wirbel-Canal liegt, wie Ihnen bereits bekannt ist, der hintere Theil des Centralnervensystems, das Rückenmark. Der vordere Theil desselben, das Gehirn, ist in der Schädelhöhle eingeschlossen, und der Schädel selbst ist dem entsprechend nichts Anderes, als das vorderste, eigenthümlich umgebildete oder modificirte Stück der Wirbelsäule. Die Basis oder die Bauchseite der blasenförmigen Schädelkapsel ist ursprünglich aus einer Anzahl von verwachsenen Wirbelkörpern, ihre Wölbung oder Rückenseite aus den verschmolzenen oberen Wirbelbogen entstanden, welche zu letzteren gehören.

Während die festen, massiven Wirbelkörper die eigentliche Central-Axe des Skelets herstellen, dienen die dorsalen Bogen zum Schutze des davon umschlossenen Centralmarks. Aehnliche Bogen entwickeln sich aber auch auf der Bauchseite zum Schutze der Brust- und Baucheingeweide. Solche untere oder ventrale Wirbelbogen, die auf der Bauchseite der Wirbelkörper abgehen, bilden bei

vielen niederen Wirbelthieren einen Canal, in welchem die grossen Blutgefässe an der unteren Fläche der Wirbelsäule (Aorta und Schwanzvene) eingeschlossen sind. Bei den höheren Wirbelthieren geht die Mehrzahl dieser unteren Wirbelbogen verloren oder wird rudimentär. Aber am Brustabschnitte der Wirbelsäule entwickeln sich dieselben zu selbstständigen starken Knochenbogen, den Rippen (*Costae*). In der That sind die Rippen weiter nichts als mächtige, selbstständig gewordene, untere Wirbelbogen, welche ihre ursprüngliche Verbindung mit den Wirbelkörpern gelöst haben. Desselben Ursprungs sind die Ihnen bereits bekannten Kiemenbogen; diese sind eigentlich Kopfrippen im strengsten Sinne, Fortsätze, welche wirklich aus den unteren Bogen von Schädelwirbeln hervorgegangen sind und den Rippen im Allgemeinen entsprechen. Auch die Verbindungsweise der rechten und linken Bogenhälften auf der Bauchseite ist hier wie dort dieselbe. Der Brustkorb wird vorn dadurch geschlossen, dass sich zwischen die vorderen Rippen das Brustbein (*Sternum*) einschiebt: ein unpaarer Knochen, welcher ursprünglich aus zwei paarigen Seitenhälften entsteht. Ebenso wird der Kiemenkorb vorn dadurch geschlossen, dass zwischen rechte und linke Hälften der Kiemenbogen sich ein unpaares Verbindungsstück einschaltet: der Zungenbeinkörper (*Copula lingualis*).

Wenden wir uns nun von dieser anatomischen Uebersicht über die Zusammensetzung der Wirbelsäule zu der Frage nach ihrer Entwickelung, so kann ich Sie bezüglich der ersten und wichtigsten Entwickelungsverhältnisse auf die Darstellung zurückverweisen, die ich Ihnen schon früher von der Keimesgeschichte der Wirbelsäule gegeben habe (im XI. Vortrag, S. 297—303). Sie erinnern sich hier zunächst der wichtigen Thatsache, dass beim Embryo des Menschen wie aller anderen Wirbelthiere an Stelle der gegliederten Wirbelsäule anfangs nur ein ganz einfacher, ungegliederter Knorpelstab zu finden ist. Dieser feste, aber biegsame und elastische Knorpelstab ist der Ihnen wohlbekannte Axenstab (Wirbelstrang oder Rückenstrang, *Chorda dorsalis*). Bei dem niedersten Wirbelthiere, beim Amphioxus, bleibt derselbe zeitlebens in dieser einfachsten Gestalt bestehen und vertritt permanent das ganze innere Skelet (Fig. 151 *i*, S. 337; Taf. XI, Fig. 15). Aber auch bei den Tunicaten, bei den wirbellosen nächsten Blutsverwandten der Wirbelthiere, treffen wir dieselbe Chorda bereits an: vorübergehend in dem vergänglichen Larvenschwanze der Ascidien (Taf. X, Fig. 5 *ch*); bleibend bei den Appendicularien (Fig. 162, S. 307). Unzweifelhaft haben sowohl diese Tunicaten, wie jene

Acranier die Chorda bereits von einer gemeinsamen wurmartigen Stammform geerbt, und diese uralten Würmer-Ahnen sind die Chordathiere oder Chordonier (S. 449).

Lange bevor beim Embryo des Menschen und aller höheren Wirbelthiere eine Spur vom Schädel, von den Extremitäten u. s. w. sichtbar wird, in jener frühen Zeit, in welcher der ganze Körper nur durch die sohlenförmige Keimscheibe dargestellt wird, erscheint in der Mittellinie der letzteren, unmittelbar unter der Primitivrinne oder Markfurche, die einfache Chorda dorsalis. (Vergl. Fig. 84—87, S. 240 Flächenansicht; Fig. 66—70, 89—93 Querschnitt; ferner Taf. IV, V *ch.*) Als cylindrischer Strang verläuft die Chorda in der Längsachse des Körpers, vorn und hinten gleichmässig zugespitzt. Die Zellen, welche die Chorda zusammensetzen (Fig. 257 *b*) stammen, gleich allen übrigen Zellen des Skelets, vom Hautfaserblatt ab. Sie zeigen am meisten Aehnlichkeit mit gewissen Knorpelzellen; man nimmt zwar oft ein besonderes »Chorda-Gewebe« an; doch kann man dasselbe auch nur als eine eigenthümliche Art des Knorpelgewebes auffassen. Schon frühzeitig umgiebt sich die Chorda mit einer glashellen, structurlosen Scheide (*a*), welche von den Zellen derselben abgeschieden wird.

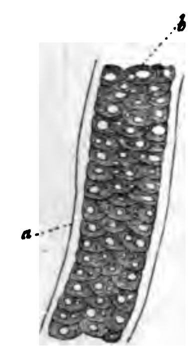


Fig. 257.

An die Stelle dieses ganz einfachen, ungegliederten, primären Axen-Skelets tritt nun aber bald das gegliederte, secundäre Axen-Skelet, das wir als »Wirbelsäule« bezeichnen. Beiderseits der Chorda differenziren sich aus dem inneren Theile des Hautfaserblattes die Urwirbelstränge oder »Urwirbelplatten« (S. 246, Fig. 92 *uw*). Der innerste Theil dieser Urwirbelstränge, welcher zunächst die Chorda unmittelbar umschliesst, ist die Skeletplatte oder Skeletogen-Schicht, d. h. die »skeletbildende Zellenschicht«, welche die gewebliche Grundlage für die bleibende Wirbelsäule und den Schädel liefert. In der vorderen Körperhälfte bleibt die Urwirbelplatte eine zusammenhängende, einfache, ungetheilte Gewebsschicht und erweitert sich bald zu einer dünnwandigen, das Gehirn umschliessenden Blase, dem primordialen Schädel. In der hinteren Körperhälfte hingegen zerfällt die Urwirbelplatte in eine Anzahl von gleichartigen,

Fig. 257. Ein Stück Axenstab (*Chorda dorsalis*) von einem Schaf-Embryo. *a* Scheide. *b* Zellen. (Nach Koelliker.)

„Die Zahl der Wirbel in der menschlichen Wirbelsäule beträgt gewöhnlich zusammen 33. Es ist jedoch von Interesse, dass diese Zahl häufig abgeändert wird, indem einer oder der andere Wirbel ausfällt, oder indem ein neuer überzähliger Wirbel sich einschaltet. Auch bildet sich nicht selten am letzten Halswirbel oder am ersten Lendenwirbel eine frei bewegliche Rippe, so dass dann 13 Brustwirbel neben 6 Halswirbeln oder 4 Lendenwirbeln bestehen. In dieser Weise können die angrenzenden Wirbel der verschiedenen Abtheilungen der Wirbelsäule sich einander stellvertretend ersetzen. Auf der anderen Seite zeigt die vorstehende Zusammenstellung der Wirbel-Zahlen verschiedener schwanzloser und geschwänzter Catarhinen, wie beträchtlichen Schwankungen diese Zahlen selbst innerhalb dieser einen Familie unterliegen.[178])

Um die Entwickelungsgeschichte der menschlichen Wirbelsäule zu verstehen, müssen wir nun die Gestalt und Zusammenfügung der Wirbel zunächst noch etwas näher betrachten. Jeder Wirbel hat im Allgemeinen die Gestalt eines Siegelringes (Fig. 254—256). Der dickere Theil desselben, der der Bauchseite zugekehrt ist, heisst der Wirbelkörper und bildet eine kurze Knochenscheibe; der dünnere Theil desselben bildet einen halbkreisförmigen Bogen, den Wirbelbogen, welcher der Rückenseite zugewendet ist. Die Bogen aller hinter einander liegenden Wirbel sind durch dünne »Zwischenbogenbänder« (*Ligamenta intercruralia*) in der Weise mit einander verbunden, dass der von ihnen gemeinschaftlich umschlossene Hohlraum einen langen Canal herstellt. In diesem Rückgrat-Canal oder Wirbel-Canal liegt, wie Ihnen bereits bekannt ist, der hintere Theil des Centralnervensystems, das Rückenmark. Der vordere Theil desselben, das Gehirn, ist in der Schädelhöhle eingeschlossen, und der Schädel selbst ist dem entsprechend nichts Anderes, als das vorderste, eigenthümlich umgebildete oder modificirte Stück der Wirbelsäule. Die Basis oder die Bauchseite der blasenförmigen Schädelkapsel ist ursprünglich aus einer Anzahl von verwachsenen Wirbelkörpern, ihre Wölbung oder Rückenseite aus den verschmolzenen oberen Wirbelbogen entstanden, welche zu letzteren gehören.

Während die festen, massiven Wirbelkörper die eigentliche Central-Axe des Skelets herstellen, dienen die dorsalen Bogen zum Schutze des davon umschlossenen Centralmarks. Aehnliche Bogen entwickeln sich aber auch auf der Bauchseite zum Schutze der Brust- und Baucheingeweide. Solche untere oder ventrale Wirbelbogen, die auf der Bauchseite der Wirbelkörper abgehen, bilden bei

Zwischenmasse (»Intercellular-Substanz«) zwischen sich ausscheiden und Knorpelgewebe erzeugen. Gleich den meisten anderen Skelettheilen gehen so auch die Wirbelanlagen bald in einen knorpeligen Zustand über, und bei den höheren Wirbelthieren tritt später an die Stelle des Knorpelgewebes das starre Knochengewebe mit seinen eigenthümlichen sternförmigen Knochenzellen (Fig. 5, S. 103). Die ursprüngliche Axe der Wirbelsäule, die Chorda, wird durch das ringsum wuchernde Knorpelgewebe mehr oder weniger verdrängt. Bei den niederen Wirbelthieren (namentlich bei den Urfischen) bleibt ein mehr oder weniger ansehnlicher Theil der Chorda in den Wirbelkörpern erhalten. Bei den Säugethieren hingegen verschwindet sie zum grössten Theile. Schon am Ende des zweiten Monats erscheint die Chorda beim menschlichen Embryo nur als ein dünner Faden, welcher durch die Axe der dicken, knorpeligen Wirbelsäule hindurchzieht (Fig. 261 *ch*). In den knorpeligen Wirbelkörpern selbst, die später verknöchern, verschwindet der dünne Chorda-Rest bald gänzlich (Fig. 262 *ch*). In den elastischen »Zwischenwirbelscheiben« hingegen, welche sich zwischen je zwei Wirbelkörpern aus der Skeletplatte entwickeln (Fig. 261 *li*), bleibt ein Rest der Chorda zeitlebens bestehen. Beim neugebornen Kinde ist in jeder

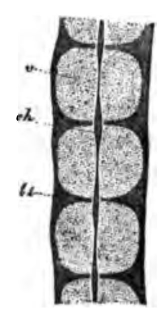


Fig. 261.

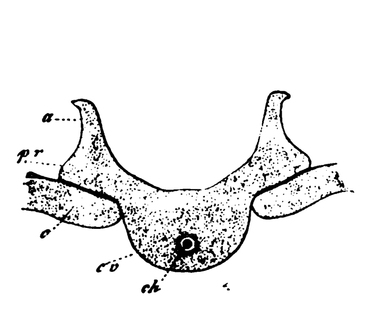


Fig. 262.

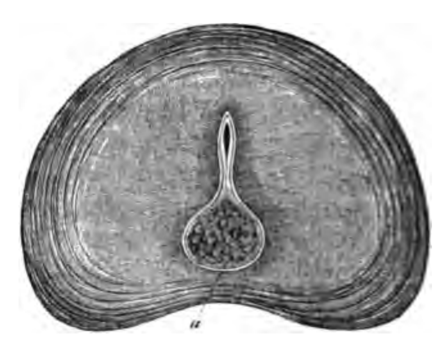


Fig. 263.

Fig. 261. Drei Brustwirbel eines menschlichen Embryo von acht Wochen, im lateralen Längsschnitt. *v* Knorpelige Wirbelkörper. *li* Zwischenwirbelscheiben. *ch* Chorda. (Nach KOELLIKER.)

Fig. 262. Ein Brustwirbel desselben Embryo, im lateralen Querschnitt. *cv* Knorpeliger Wirbelkörper. *ch* Chorda. *pr* Querfortsatz. *a* Wirbelbogen (oberer Bogen). *c* Oberes Ende der Rippe (unterer Bogen). (Nach KOELLIKER.)

Fig. 263. Zwischenwirbelscheibe eines neugebornen Kindes im Querschnitt. *a* Rest der Chorda. (Nach KOELLIKER.)

Zwischenwirbelscheibe eine grosse birnförmige Höhle sichtbar, die mit einer gallertartigen Zellenmasse erfüllt ist (Fig. 263 *a*). Wenn auch weniger scharf abgegränzt, bleibt dieser »Gallertkern« der elastischen Knorpelscheiben doch bei allen Säugethieren zeitlebens bestehen, während bei den Vögeln und Reptilien auch der letzte Rest der Chorda verschwindet. Bei der späteren Verknöcherung der knorpeligen Wirbel entsteht die erste Ablagerung von Knochensubstanz (der »erste Knochenkern«) im Wirbelkörper unmittelbar um den Chorda-Rest herum und verdrängt letzteren bald ganz. Sodann entsteht ein besonderer »Knochenkern« in jeder Hälfte des knorpeligen Wirbelbogens. Erst nach der Geburt schreitet die Verknöcherung so weit fort, dass sich die drei Knochenkerne nähern. Im ersten Jahre verschmelzen die beiden knöchernen Bogenhälften, aber erst viel später, im zweiten bis achten Jahre, verbinden sie sich mit dem knöchernen Wirbelkörper.

In ganz ähnlicher Weise wie die knöcherne Wirbelsäule entwickelt sich auch der knöcherne Schädel (*Cranium*), den wir als den vordersten, eigenthümlich umgebildeten Abschnitt der Wirbelsäule betrachten müssen. Wie der Wirbelcanal der letzteren das Rückenmark schützend umgiebt, so bildet der Schädel eine knöcherne Umhüllung für das Gehirn; und da das Gehirn nur das vorderste, eigenthümlich differenzirte Stück des Rückenmarks darstellt, so werden wir von vornherein schon erwarten dürfen, dass auch die knöcherne Umhüllung des ersteren als besondere Modification von derjenigen des letzteren sich ergeben wird. Wenn man freilich den ausgebildeten menschlichen Schädel allein für sich betrachtet (Fig. 264), so wird man nicht begreifen, wie derselbe nur das umgebildete Vordertheil der Wirbelsäule sein kann. Denn da finden wir ein verwickeltes, umfangreiches Knochengebäude, das aus nicht weniger als zwanzig Knochen von ganz verschiedener Gestalt und Grösse zusammengesetzt ist. Sieben von diesen Schädelknochen bilden die geräumige Kapsel, welche das Gehirn umschliesst und an welcher wir unten den festen, massiven Schädelgrund (*Basis cranii*), oben das stark gewölbte Schädeldach (*Fornix cranii*) unterscheiden. Die dreizehn übrigen

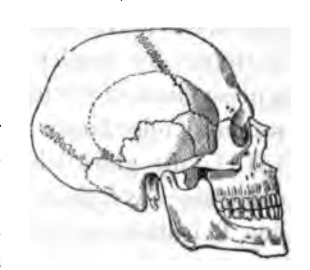


Fig. 264.

Fig. 264. Der Schädel des Menschen, von der rechten Seite.

Knochen bilden den »Gesichtsschädel«, welcher vorzugsweise die knöchernen Umhüllungen für die höheren Sinnesorgane herstellt und zugleich als Kiefergerüste den Eingang in den Darmcanal umschliesst. An dem Schädelgrunde ist der Unterkiefer eingelenkt (gewöhnlich als XXI. Schädelknochen betrachtet) und dahinter finden wir in der Zungenwurzel versteckt das Zungenbein, gleich dem ersteren aus den Kiemenbogen entstanden, mithin ein Theil der unteren Bogen, die als »Kopfrippen« aus der Bauchseite der Schädelbasis sich ursprünglich entwickelt haben.

Obgleich nun so der ausgebildete Schädel der höheren Wirbelthiere durch seine ganz eigenthümliche Gestalt, seine viel bedeutendere Grösse und seine weit verwickeltere Zusammensetzung nichts mit gewöhnlichen Wirbeln gemein zu haben scheint, so kam doch schon die ältere vergleichende Anatomie am Ende des vorigen Jahrhunderts auf den ganz richtigen Gedanken, dass der Schädel ursprünglich weiter nichts als eine Reihe von umgebildeten Wirbeln darstelle. Als GOETHE im Jahre 1790 »aus dem Sande des dünenhaften Judenkirchhofs von Venedig einen zerschlagenen Schöpsenkopf aufhob, gewahrte er augenblicklich, dass die Gesichtsknochen gleichfalls aus Wirbeln abzuleiten seien (gleich den drei hintersten Schädelwirbeln)«. Und als OKEN (ohne von GOETHE's Fund zu wissen) im Jahre 1806 am Ilsenstein, auf dem Wege zum Brocken, »den schönsten gebleichten Schädel einer Hirschkuh fand, da fuhr es ihm wie ein Blitz durch Mark und Bein: Es ist eine Wirbelsäule«. [179]

Diese berühmte »Wirbeltheorie des Schädels« hat seit siebzig Jahren die hervorragendsten Zoologen interessirt: die bedeutendsten Vertreter der vergleichenden Anatomie haben an der Lösung dieses philosophischen »Schädel-Problems« ihren Scharfsinn geübt: auch weitere Kreise haben Antheil daran genommen. Aber erst im Jahre 1872 ist die glückliche Lösung desselben nach siebenjähriger Arbeit demjenigen vergleichenden Anatomen gelungen, der sowohl durch den Reichthum an gediegenen empirischen Kenntnissen, wie durch die geniale Tiefe seiner philosophischen Speculation alle andern Vertreter dieser Wissenschaft überflügelt. CARL GEGENBAUR hat in seinen classischen »Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere« (im dritten Hefte) das Kopfskelet der Selachier als diejenige Urkunde nachgewiesen, die allein im Stande ist, die Wirbeltheorie des Schädels endgültig zu begründen. Die frühere vergleichende Anatomie war irrthümlich von dem entwickelten Säugethierschädel ausgegangen und hatte die einzelnen Knochen, welche

denselben zusammensetzen, mit den einzelnen Bestandtheilen der Wirbel verglichen; sie glaubte auf diesem Wege den Beweis führen zu können, dass der ausgebildete Schädel des Säugethieres aus drei bis sechs ursprünglichen Wirbeln zusammengesetzt sei. Der hinterste dieser »Schädelwirbel« sollte das Hinterhauptsbein sein. Ein zweiter und dritter sollte durch das Keilbein mit den Scheitelbeinen, dem Stirnbein u. s. w. gebildet werden. Sogar in den Knochen des Gesichtsschädels glaubte man noch die Elemente von vorderen Schädelwirbeln zu finden. Hiergegen machte zuerst der ausgezeichnete englische Anatom HUXLEY mit Recht geltend, dass dieser knöcherne Schädel ursprünglich beim Embryo sich aus einer einfachen knorpeligen Blase entwickele, und dass an diesem einfachen knorpeligen »Urschädel« keine Spur einer Zusammensetzung aus wirbelartigen Theilen nachzuweisen sei. Dasselbe gilt von dem Schädel der niedersten und ältesten Schädelthiere, der Cyclostomen und Selachier. Hier bleibt sogar der Schädel zeitlebens in Gestalt einer ganz einfachen Knorpelkapsel, als ungegliederter »Urschädel oder Primordial-Cranium« bestehen. Wäre aber jene ältere Schädeltheorie, wie sie nach GOETHE und OKEN von den meisten vergleichenden Anatomen festgehalten wurde, richtig, so müsste gerade bei diesen niedersten Schädelthieren und ebenso beim Embryo der höheren Cranioten die Zusammensetzung des »Urschädels« aus einer Reihe von »Schädelwirbeln« am deutlichsten hervortreten.

Schon durch diese einfache und naheliegende, aber doch erst von HUXLEY gehörig betonte Erwägung wird eigentlich die berühmte »Wirbeltheorie des Schädels« im Sinne der älteren vergleichenden Anatomen widerlegt. Aber trotzdem bleibt ihr vollkommen richtiger Grundgedanke bestehen, die Annahme, dass der Schädel ebenso aus dem vorderen Theile der Wirbelsäule, wie das Gehirn aus dem vorderen Theile des Rückenmarks durch Differenzirung und eigenthümliche Umbildung entstanden sei. Es galt nun aber, den richtigen Weg zu entdecken, auf welchem diese philosophische Annahme empirisch zu begründen sei; und die Entdeckung dieses Weges ist das Verdienst von GEGENBAUR[180]. Er betrat zuerst den phylogenetischen Weg, der hier, wie in allen morphologischen Fragen, am sichersten und kürzesten zum Ziele führt. Er zeigte, dass die Urfische oder Selachier (Fig. 191, 192, S. 467), als Stammformen aller Amphirhinen, in ihrer Schädelbildung noch heute diejenige Form des Urschädels bleibend conserviren, aus welcher der umgebildete Schädel der höheren Wirbelthiere und also auch des Menschen, phy-

logenetisch entstanden ist. Er zeigte ferner dass die Kiemenbogen der Selachier eine ursprüngliche Zusammensetzung ihres Urschädels aus einer grösseren Anzahl — mindestens 9—10 — Urwirbeln beweisen, und dass die Gehirn-Nerven, welche von der Gehirn-Basis abtreten, diesen Beweis durchaus bestätigen. Diese Gehirn-Nerven sind — mit Ausnahme des ersten und zweiten Paares, des Geruchsnerven und Sehnerven, — lediglich umgebildete Rückenmarks-Nerven und verhalten sich in ihrer peripherischen Ausbreitung den letzteren wesentlich gleich. Die vergleichende Anatomie dieser Gehirn-Nerven gehört zu den wichtigsten Argumenten der neuen Wirbeltheorie des Schädels.

Es würde uns hier viel zu weit abführen, wollten wir in die Einzelheiten dieser geistreichen Schädeltheorie von GEGENBAUR eingehen, und ich muss mich begnügen, Sie auf das angeführte ausgezeichnete Werk zu verweisen, in welchem Sie die vollendete empirisch-philosophische Begründung derselben finden. Einen kurzen Auszug enthält desselben Morphologen »Grundriss der vergleichenden Anatomie« (1874), dessen Studium ich Ihnen überhaupt nicht dringend genug empfehlen kann. GEGENBAUR führt hier als ursprüngliche »Schädel-Rippen« oder »untere Bogen der Schädelwirbel« am Selachier-Schädel (Fig. 265) folgende Bogen-Paare auf: I. und II. Zwei Lippenknorpel, von denen der vordere (*a*) nur aus einem oberen, der hintere (*bc*) aus einem oberen und unteren Stück zusammengesetzt ist; III. den Kieferbogen, ebenfalls aus zwei Stücken jederseits bestehend: aus dem Uroberkiefer (*Os palato-quadratum*, *o*) und dem Urunterkiefer (*u*); IV. den Zungenbogen (II) und V—X. Sechs eigentliche Kiemenbogen im engeren Sinne (III—VIII). Aus dem anatomischen Verhalten dieser 9—10 Schädelrippen oder »unteren Wirbelbogen« und der auf ihnen sich ausbreitenden Gehirn-Nerven

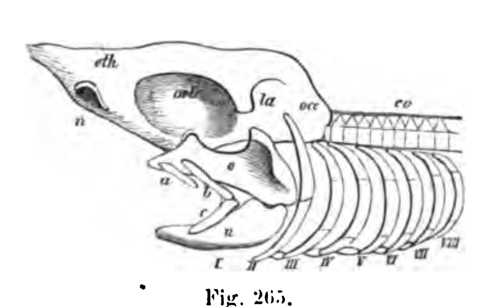


Fig. 265.

Fig. 265. Kopfskelet eines Urfisches. *n* Nasengrube, *eth* Siebbeingegend, *orb* Augenhöhle. *la* Ohrlabyrinthwand. *occ* Hinterhauptgegend des Urschädels. *cv* Wirbelsäule. *a* Vorderer, *bc* hinterer Lippenknorpel. *o* Uroberkiefer (*Palato quadratum*). *u* Urunterkiefer. II. Zungenbogen. III—VIII. Erster bis sechster Kiemenbogen. (Nach GEGENBAUR.)

ergiebt sich, dass der scheinbar einfache knorpelige »Urschädel« der Selachier ursprünglich aus eben so vielen (mindestens neun!) Urwirbeln entstanden ist. Aus den Wirbelkörpern derselben ist die Schädelbasis, aus den oberen Wirbelbogen das Schädeldach entstanden. Die Verwachsung und Verschmelzung derselben zu einer einzigen Kapsel ist aber so uralt, dass ihre ursprüngliche Trennung gegenwärtig nach dem »Gesetze der abgekürzten Vererbung« verwischt erscheint und in der Ontogenese nicht mehr nachzuweisen ist.

Beim Urschädel des Menschen (Fig. 266) und aller höheren Wirbelthiere, der phylogenetisch aus dem Urschädel der Selachier entstanden ist, finden Sie zwar in einer gewissen früheren Periode der Entwickelung fünf hinter einander liegende Abschnitte vor, die man versucht sein könnnte, auf fünf ursprüngliche Urwirbel zu beziehen; allein diese Abschnitte sind lediglich durch Anpassung an die fünf primitiven Hirnblasen entstanden, und entsprechen vielmehr gleich diesen einer grösseren Zahl von Metameren. Dass in dem Urschädel der Säugethiere bereits ein sehr modificirtes und stark umgebildetes Organ und keineswegs eine primitive Bildung vorliegt, beweist auch der Umstand, dass die ursprünglich weichhäutige Anlage desselben hier nur an der Basis und den Seitentheilen zum grössten Theile in den knorpeligen Zustand übergeht, an dem Schädeldach hingegen häutig oder membranös bleibt. Hier entwickeln sich die Knochen des späteren knöchernen Schädels als äussere Deckknochen auf der weichhäutigen Grundlage, ohne dass, wie an der Schädel-Basis, ein knorpeliges Zwischenstadium vorausgeht. So ist überhaupt ein grosser Theil der Schädelknochen als Deckknochen aus der äusseren Lederhaut ursprünglich entstanden und erst secundär in die nähere Beziehung zum Schädel getreten. Wie jene einfachste primordiale An-



Fig. 266.

Fig. 266. Urschädel des menschlichen Embryo von vier Wochen, senkrecht durchschnitten und die linke Hälfte von innen her betrachtet. *v*, *z*, *m*, *h*, *n* die fünf Gruben der Schädelhöhle, in denen die fünf Hirnblasen liegen (Vorderhirn, Zwischenhirn, Mittelhirn, Hinterhirn und Nachhirn). *o* birnförmiges primäres Gehörbläschen (durchschimmernd). *a* Auge (durchschimmernd). *no* Sehnerv. *p* Canal der Hypophysis. *t* Mittlerer Schädelbalken. (Nach KOELLIKER.)

lage des Urschädels beim Menschen aus den »**Kopfplatten**« ontogenetisch sich bildet und dabei das vorderste Ende der Chorda in die Schädelbasis eingeschlossen wird, haben wir bereits früher nachgewiesen. (Vergl. S. 304 und Fig. 145, 146, S. 315.)

Auch von der Entwickelungsgeschichte der **Kiemenbogen**, die wir also jetzt als wahre Kopfrippen zu betrachten haben, ist Ihnen das Wichtigste bereits bekannt. Von den vier ursprünglich angelegten Kiemenbogen der Säugethiere (Taf. I und VII, Fig. 232—236, S. 570) liegt der erste zwischen der primitiven Mundöffnung und der ersten Kiemenspalte. Aus der Basis dieses **ersten Kiemenbogens** wächst der »Oberkieferfortsatz« hervor, der in der früher bereits beschriebenen Weise sich mit dem inneren und äusseren Nasenfortsatze jederseits vereinigt und die wichtigsten Theile des Oberkiefer-Gerüstes bildet (Gaumenbeine, Flügelbeine u. s. w.) (Vergl. S. 571 und 589). Der übrige Theil des ersten Kiemenbogens, den man nun im Gegensatze dazu als »Unterkieferfortsatz« bezeichnet, bildet aus seiner Basis zwei Gehörknöchelchen (Hammer und Ambos) und verwandelt sich im übrigen Theile in einen langen Knorpelstreifen, den nach seinem Entdecker benannten »Meckel'schen Knorpel«. An der Aussenfläche dieses letzteren entsteht als »Deckknochen oder Belegknochen« (aus dem Zellenmaterial der Lederplatte) der bleibende knöcherne Unterkiefer. Aus dem Anfangstheile oder der Basis des **zweiten Kiemenbogens** entsteht bei den Säugethieren das dritte Gehörknöchelchen, der Steigbügel; und aus den folgenden Theilen der Reihe nach: der Steigbügel-Muskel, der Griffelfortsatz des Schläfenbeins, das Griffel-Zungenbeinband und das kleine Horn des Zungenbeins. Der **dritte Kiemenbogen** endlich wird nur im vordersten Theile knorpelig und hier entsteht durch Vereinigung seiner beiden Hälften der Körper des Zungenbeins (die *Copula hyoidea*) und das grosse Horn desselben auf jeder Seite. Der **vierte Kiemenbogen** erscheint beim Embryo der Säugethiere nur vorübergehend als rudimentäres Embryonal-Organ, ohne sich zu besonderen Theilen zu entwickeln; und von den hinteren Kiemenbogen (fünftes und sechstes Paar), die bei den Selachiern bleibend bestehen, ist beim Embryo der höheren Wirbelthiere überhaupt keine Spur mehr zu finden. Diese sind längst verloren gegangen. Auch die vier **Kiemenspalten** des menschlichen Embryo sind bloss als vorübergehende rudimentäre Organe von Interesse, die durch Verwachsung bald ganz verschwinden. Nur die erste Kiemenspalte (zwischen erstem und zweitem Kiemenbogen) hat bleibende Bedeutung, indem sich aus ihr die Trommelhöhle

nebst der Eustachischen Ohrtrompete entwickelt. (Vergl. S. 590 und Taf. I nebst Erklärung.)

Wie uns CARL GEGENBAUR durch seine mustergültigen »Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere« zuerst das wahre Verständniss des Schädels und seines Verhältnisses zur Wirbelsäule eröffnet hat, so hat er auch die nicht minder schwierige und interessante Aufgabe gelöst, das Skelet der Gliedmaassen bei allen Wirbelthieren von einer und derselben Urform phylogenetisch abzuleiten. Wenige Theile des Körpers sind bei den verschiedenen Wirbelthieren durch mannichfaltige Anpassung in Bezug auf Grösse, Form und bestimmte »zweckmässige Einrichtung« so unendlich vielfachen Umbildungen unterworfen, wie die Gliedmaassen, und doch sind wir jetzt im Stande, sie alle auf eine und dieselbe erbliche Grundform zurückzuführen. Im Allgemeinen können wir bezüglich der Gliedmaassen-Bildung unter den Wirbelthieren drei grosse Hauptgruppen unterscheiden. Die niedersten und ältesten Wirbelthiere, die Schädellosen und Kieferlosen, besassen gleich ihren wirbellosen Vorfahren überhaupt noch gar keine paarigen Gliedmaassen, wie uns noch heute Amphioxus und die Cyclostomen bezeugen (Fig. 189, 190). Eine zweite Hauptgruppe bilden die beiden Klassen der echten Fische und der Dipneusten; hier sind ursprünglich überall zwei paar seitliche Gliedmaassen vorhanden, und zwar in Gestalt von vielzehigen Ruderflossen, ein paar Brustflossen (Vorderbeine) und ein paar Bauchflossen (Hinterbeine) Fig. 191, 192; Taf. XII. Die dritte Hauptgruppe endlich wird durch die vier höheren Wirbelthierklassen: Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugethiere gebildet; hier sind ursprünglich dieselben zwei Beinpaare vorhanden, aber in Gestalt von fünfzehigen Füssen. Oft sind weniger als fünf Zehen ausgebildet; bisweilen sind auch die Füsse ganz rückgebildet. Aber die ursprüngliche Stammform der ganzen Gruppe besass vorn und hinten fünf Zehen oder Finger (Pentadactylie, S. 475).

Für die Phylogenie der Gliedmaassen ergiebt sich also aus ihrer vergleichenden Anatomie, dass dieselben zuerst bei den Fischen und zwar bei den Urfischen entstanden sind, von denen sie sich auf alle höheren Wirbelthiere (alle Amphirhinen) vererbt haben, zunächst als vielzehige Schwimmflossen, später als fünfzehige Füsse (Fig. 267—272). Die vordere Extremität, die Brustflosse oder das Vorderbein, ist ursprünglich ganz ebenso gebildet, wie die hintere Gliedmaasse, die Bauchflosse oder das Hinterbein. An

Zwischenmasse (»Intercellular-Substanz«) zwischen sich ausscheiden und Knorpelgewebe erzeugen. Gleich den meisten anderen Skelettheilen gehen so auch die Wirbelanlagen bald in einen knorpeligen Zustand über, und bei den höheren Wirbelthieren tritt später an die Stelle des Knorpelgewebes das starre Knochengewebe mit seinen eigenthümlichen sternförmigen Knochenzellen (Fig. 5, S. 103). Die ursprüngliche Axe der Wirbelsäule, die Chorda, wird durch das ringsum wuchernde Knorpelgewebe mehr oder weniger verdrängt. Bei den niederen Wirbelthieren (namentlich bei den Urfischen) bleibt ein mehr oder weniger ansehnlicher Theil der Chorda in den Wirbelkörpern erhalten. Bei den Säugethieren hingegen verschwindet sie zum grössten Theile. Schon am Ende des zweiten Monats erscheint die Chorda beim menschlichen Embryo nur als ein dünner Faden, welcher durch die Axe der dicken, knorpeligen Wirbelsäule hindurchzieht (Fig. 261 *ch*). In den knorpeligen Wirbelkörpern selbst, die später verknöchern, verschwindet der dünne Chorda-Rest bald gänzlich (Fig. 262 *ch*). In den elastischen »Zwischenwirbelscheiben« hingegen, welche sich zwischen je zwei Wirbelkörpern aus der Skeletplatte entwickeln (Fig. 261 *li*), bleibt ein Rest der Chorda zeitlebens bestehen. Beim neugebornen Kinde ist in jeder

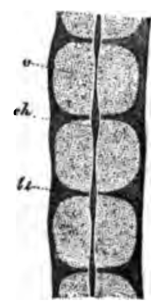
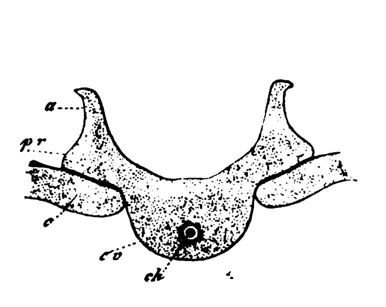


Fig. 261.



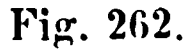


Fig. 262.

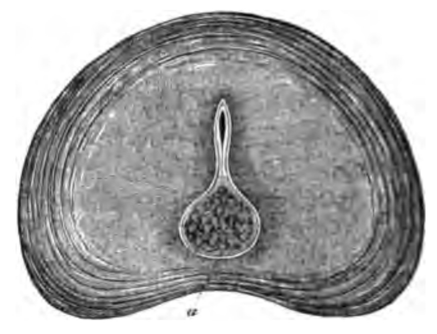


Fig. 263.

Fig. 261. Drei Brustwirbel eines menschlichen Embryo von acht Wochen, im lateralen Längsschnitt. *v* Knorpelige Wirbelkörper. *li* Zwischenwirbelscheiben. *ch* Chorda. (Nach KOELLIKER.)

Fig. 262. Ein Brustwirbel desselben Embryo, im lateralen Querschnitt. *cv* Knorpeliger Wirbelkörper. *ch* Chorda. *pr* Querfortsatz. *a* Wirbelbogen (oberer Bogen). *c* Oberes Ende der Rippe (unterer Bogen). (Nach KOELLIKER.)

Fig. 263. Zwischenwirbelscheibe eines neugebornen Kindes im Querschnitt. *a* Rest der Chorda. (Nach KOELLIKER.)

Zwischenwirbelscheibe eine grosse birnförmige Höhle sichtbar, die mit einer gallertartigen Zellenmasse erfüllt ist (Fig. 263 *a*). Wenn auch weniger scharf abgegränzt, bleibt dieser »Gallertkern« der elastischen Knorpelscheiben doch bei allen Säugethieren zeitlebens bestehen, während bei den Vögeln und Reptilien auch der letzte Rest der Chorda verschwindet. Bei der späteren Verknöcherung der knorpeligen Wirbel entsteht die erste Ablagerung von Knochensubstanz (der »erste Knochenkern«) im Wirbelkörper unmittelbar um den Chorda-Rest herum und verdrängt letzteren bald ganz. Sodann entsteht ein besonderer »Knochenkern« in jeder Hälfte des knorpeligen Wirbelbogens. Erst nach der Geburt schreitet die Verknöcherung so weit fort, dass sich die drei Knochenkerne nähern. Im ersten Jahre verschmelzen die beiden knöchernen Bogenhälften, aber erst viel später, im zweiten bis achten Jahre, verbinden sie sich mit dem knöchernen Wirbelkörper.

In ganz ähnlicher Weise wie die knöcherne Wirbelsäule entwickelt sich auch der knöcherne Schädel (*Cranium*), den wir als den vordersten, eigenthümlich umgebildeten Abschnitt der Wirbelsäule betrachten müssen. Wie der Wirbelcanal der letzteren das Rückenmark schützend umgiebt, so bildet der Schädel eine knöcherne Umhüllung für das Gehirn; und da das Gehirn nur das vorderste, eigenthümlich differenzirte Stück des Rückenmarks darstellt, so werden wir von vornherein schon erwarten dürfen, dass auch die knöcherne Umhüllung des ersteren als besondere Modification von derjenigen des letzteren sich ergeben wird. Wenn man freilich den ausgebildeten menschlichen Schädel allein für sich betrachtet (Fig. 264), so wird man nicht begreifen, wie derselbe nur das umgebildete Vordertheil der Wirbelsäule sein kann. Denn da finden wir ein verwickeltes, umfangreiches Knochengebäude, das aus nicht weniger als zwanzig Knochen von ganz verschiedener Gestalt und Grösse zusammengesetzt ist. Sieben von diesen Schädelknochen bilden die geräumige Kapsel, welche das Gehirn umschliesst und an welcher wir unten den festen, massiven Schädelgrund (*Basis cranii*), oben das stark gewölbte Schädeldach (*Fornix cranii*) unterscheiden. Die dreizehn übrigen

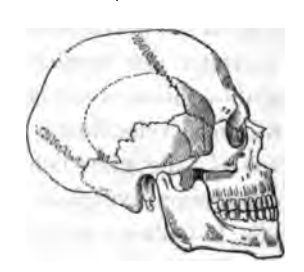


Fig. 264.

Fig. 264. Der Schädel des Menschen, von der rechten Seite.

Knochen bilden den »Gesichtsschädel«, welcher vorzugsweise die knöchernen Umhüllungen für die höheren Sinnesorgane herstellt und zugleich als Kiefergerüste den Eingang in den Darmcanal umschliesst. An dem Schädelgrunde ist der Unterkiefer eingelenkt (gewöhnlich als XXI. Schädelknochen betrachtet) und dahinter finden wir in der Zungenwurzel versteckt das Zungenbein, gleich dem ersteren aus den Kiemenbogen entstanden, mithin ein Theil der unteren Bogen, die als »Kopfrippen« aus der Bauchseite der Schädelbasis sich ursprünglich entwickelt haben.

Obgleich nun so der ausgebildete Schädel der höheren Wirbelthiere durch seine ganz eigenthümliche Gestalt, seine viel bedeutendere Grösse und seine weit verwickeltere Zusammensetzung nichts mit gewöhnlichen Wirbeln gemein zu haben scheint, so kam doch schon die ältere vergleichende Anatomie am Ende des vorigen Jahrhunderts auf den ganz richtigen Gedanken, dass der Schädel ursprünglich weiter nichts als eine Reihe von umgebildeten Wirbeln darstelle. Als GOETHE im Jahre 1790 »aus dem Sande des dünenhaften Judenkirchhofs von Venedig einen zerschlagenen Schöpsenkopf aufhob, gewahrte er augenblicklich, dass die Gesichtsknochen gleichfalls aus Wirbeln abzuleiten seien (gleich den drei hintersten Schädelwirbeln)«. Und als OKEN (ohne von GOETHE's Fund zu wissen) im Jahre 1806 am Ilsenstein, auf dem Wege zum Brocken, »den schönsten gebleichten Schädel einer Hirschkuh fand, da fuhr es ihm wie ein Blitz durch Mark und Bein: Es ist eine Wirbelsäule«. [179])

Diese berühmte »Wirbeltheorie des Schädels« hat seit siebzig Jahren die hervorragendsten Zoologen interessirt; die bedeutendsten Vertreter der vergleichenden Anatomie haben an der Lösung dieses philosophischen »Schädel-Problems« ihren Scharfsinn geübt: auch weitere Kreise haben Antheil daran genommen. Aber erst im Jahre 1872 ist die glückliche Lösung desselben nach siebenjähriger Arbeit demjenigen vergleichenden Anatomen gelungen, der sowohl durch den Reichthum an gediegenen empirischen Kenntnissen, wie durch die geniale Tiefe seiner philosophischen Speculation alle andern Vertreter dieser Wissenschaft überflügelt. CARL GEGENBAUR hat in seinen classischen »Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere« (im dritten Hefte) das Kopfskelet der Selachier als diejenige Urkunde nachgewiesen, die allein im Stande ist, die Wirbeltheorie des Schädels endgültig zu begründen. Die frühere vergleichende Anatomie war irrthümlich von dem entwickelten Säugethierschädel ausgegangen und hatte die einzelnen Knochen, welche

denselben zusammensetzen, mit den einzelnen Bestandtheilen der Wirbel verglichen; sie glaubte auf diesem Wege den Beweis führen zu können, dass der ausgebildete Schädel des Säugethieres aus drei bis sechs ursprünglichen Wirbeln zusammengesetzt sei. Der hinterste dieser »Schädelwirbel« sollte das Hinterhauptsbein sein. Ein zweiter und dritter sollte durch das Keilbein mit den Scheitelbeinen, dem Stirnbein u. s. w. gebildet werden. Sogar in den Knochen des Gesichtsschädels glaubte man noch die Elemente von vorderen Schädelwirbeln zu finden. Hiergegen machte zuerst der ausgezeichnete englische Anatom HUXLEY mit Recht geltend, dass dieser knöcherne Schädel ursprünglich beim Embryo sich aus einer einfachen knorpeligen Blase entwickele, und dass an diesem einfachen knorpeligen »Urschädel« keine Spur einer Zusammensetzung aus wirbelartigen Theilen nachzuweisen sei. Dasselbe gilt von dem Schädel der niedersten und ältesten Schädelthiere, der Cyclostomen und Selachier. Hier bleibt sogar der Schädel zeitlebens in Gestalt einer ganz einfachen Knorpelkapsel, als ungegliederter »Urschädel oder Primordial-Cranium« bestehen. Wäre aber jene ältere Schädeltheorie, wie sie nach GOETHE und OKEN von den meisten vergleichenden Anatomen festgehalten wurde, richtig, so müsste gerade bei diesen niedersten Schädelthieren und ebenso beim Embryo der höheren Cranioten die Zusammensetzung des »Urschädels« aus einer Reihe von »Schädelwirbeln« am deutlichsten hervortreten.

Schon durch diese einfache und naheliegende, aber doch erst von HUXLEY gehörig betonte Erwägung wird eigentlich die berühmte »Wirbeltheorie des Schädels« im Sinne der älteren vergleichenden Anatomen widerlegt. Aber trotzdem bleibt ihr vollkommen richtiger Grundgedanke bestehen, die Annahme, dass der Schädel ebenso aus dem vorderen Theile der Wirbelsäule, wie das Gehirn aus dem vorderen Theile des Rückenmarks durch Differenzirung und eigenthümliche Umbildung entstanden sei. Es galt nun aber, den richtigen Weg zu entdecken, auf welchem diese philosophische Annahme empirisch zu begründen sei; und die Entdeckung dieses Weges ist das Verdienst von GEGENBAUR[180]. Er betrat zuerst den phylogenetischen Weg, der hier, wie in allen morphologischen Fragen, am sichersten und kürzesten zum Ziele führt. Er zeigte, dass die Urfische oder Selachier (Fig. 191, 192, S. 467), als Stammformen aller Amphirhinen, in ihrer Schädelbildung noch heute diejenige Form des Urschädels bleibend conserviren, aus welcher der umgebildete Schädel der höheren Wirbelthiere und also auch des Menschen, phy-

logenetisch entstanden ist. Er zeigte ferner dass die Kiemenbogen der Selachier eine ursprüngliche Zusammensetzung ihres Urschädels aus einer grösseren Anzahl — mindestens 9—10 — Urwirbeln beweisen, und dass die Gehirn-Nerven, welche von der Gehirn-Basis abtreten, diesen Beweis durchaus bestätigen. Diese Gehirn-Nerven sind — mit Ausnahme des ersten und zweiten Paares, des Geruchsnerven und Sehnerven, — lediglich umgebildete Rückenmarks-Nerven und verhalten sich in ihrer peripherischen Ausbreitung den letzteren wesentlich gleich. Die vergleichende Anatomie dieser Gehirn-Nerven gehört zu den wichtigsten Argumenten der neuen Wirbeltheorie des Schädels.

Es würde uns hier viel zu weit abführen, wollten wir in die Einzelheiten dieser geistreichen Schädeltheorie von GEGENBAUR eingehen, und ich muss mich begnügen, Sie auf das angeführte ausgezeichnete Werk zu verweisen, in welchem Sie die vollendete empirisch-philosophische Begründung derselben finden. Einen kurzen Auszug enthält desselben Morphologen »Grundriss der vergleichenden Anatomie« (1874), dessen Studium ich Ihnen überhaupt nicht dringend genug empfehlen kann. GEGENBAUR führt hier als ursprüngliche »Schädel-Rippen« oder »untere Bogen der Schädelwirbel« am Selachier-Schädel (Fig. 265) folgende Bogen-Paare auf: I. und II. Zwei Lippenknorpel, von denen der vordere (*a*) nur aus einem oberen, der hintere (*bc*) aus einem oberen und unteren Stück zusammengesetzt ist; III. den Kieferbogen, ebenfalls aus zwei Stücken jederseits bestehend: aus dem Uroberkiefer (*Os palato-quadratum*, *o*) und dem Urunterkiefer (*u*); IV. den Zungenbogen (II) und V—X. Sechs eigentliche Kiemenbogen im engeren Sinne (III—VIII). Aus dem anatomischen Verhalten dieser 9—10 Schädelrippen oder »unteren Wirbelbogen« und der auf ihnen sich ausbreitenden Gehirn-Nerven

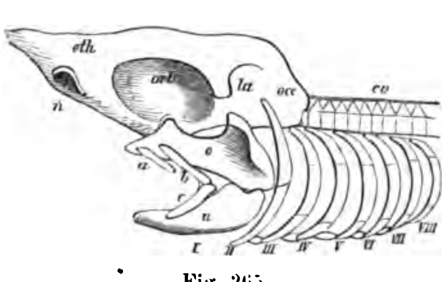


Fig. 265.

Fig. 265. Kopfskelet eines Urfisches. *n* Nasengrube, *eth* Siebbeingegend, *orb* Augenhöhle. *la* Ohrlabyrinthwand. *occ* Hinterhauptgegend des Urschädels. *cv* Wirbelsäule. *a* Vorderer, *bc* hinterer Lippenknorpel. *o* Uroberkiefer (*Palato quadratum*). *u* Urunterkiefer. II. Zungenbogen. III—VIII. Erster bis sechster Kiemenbogen. (Nach GEGENBAUR.)

ergiebt sich, dass der scheinbar einfache knorpelige »Urschädel« der Selachier ursprünglich aus eben so vielen (mindestens neun!) Urwirbeln entstanden ist. Aus den Wirbelkörpern derselben ist die Schädelbasis, aus den oberen Wirbelbogen das Schädeldach entstanden. Die Verwachsung und Verschmelzung derselben zu einer einzigen Kapsel ist aber so uralt, dass ihre ursprüngliche Trennung gegenwärtig nach dem »Gesetze der abgekürzten Vererbung« verwischt erscheint und in der Ontogenese nicht mehr nachzuweisen ist.

Beim Urschädel des Menschen (Fig. 266) und aller höheren Wirbelthiere, der phylogenetisch aus dem Urschädel der Selachier entstanden ist, finden Sie zwar in einer gewissen früheren Periode der Entwickelung fünf hinter einander liegende Abschnitte vor, die man versucht sein könnnte, auf fünf ursprüngliche Urwirbel zu beziehen; allein diese Abschnitte sind lediglich durch Anpassung an die fünf primitiven Hirnblasen entstanden, und entsprechen vielmehr gleich diesen einer grösseren Zahl von Metameren. Dass in dem Urschädel der Säugethiere bereits ein sehr modificirtes und stark umgebildetes Organ und keineswegs eine primitive Bildung vorliegt, beweist auch der Umstand, dass die ursprünglich weichhäutige Anlage desselben hier nur an der Basis und den Seitentheilen zum grössten Theile in den knorpeligen Zustand übergeht, an dem Schädeldach hingegen häutig oder membranös bleibt. Hier entwickeln sich die Knochen des späteren knöchernen Schädels als äussere Deckknochen auf der weichhäutigen Grundlage, ohne dass, wie an der Schädel-Basis, ein knorpeliges Zwischenstadium vorausgeht. So ist überhaupt ein grosser Theil der Schädelknochen als Deckknochen aus der äusseren Lederhaut ursprünglich entstanden und erst secundär in die nähere Beziehung zum Schädel getreten. Wie jene einfachste primordiale An-

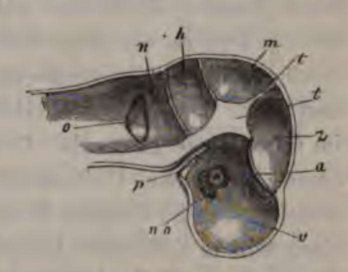


Fig. 266.

Fig. 266. Urschädel des menschlichen Embryo von vier Wochen, senkrecht durchschnitten und die linke Hälfte von innen her betrachtet. *v*, *z*, *m*, *h*, *n* die fünf Gruben der Schädelhöhle, in denen die fünf Hirnblasen liegen (Vorderhirn, Zwischenhirn, Mittelhirn, Hinterhirn und Nachhirn). *o* birnförmiges primäres Gehörbläschen (durchschimmernd). *a* Auge (durchschimmernd). *no* Sehnerv. *p* Canal der Hypophysis. *t* Mittlerer Schädelbalken. (Nach KOELLIKER.)

lage des Urschädels beim Menschen aus den »**Kopfplatten**« ontogenetisch sich bildet und dabei das vorderste Ende der Chorda in die Schädelbasis eingeschlossen wird, haben wir bereits früher nachgewiesen. (Vergl. S. 304 und Fig. 145, 146, S. 315.)

Auch von der Entwickelungsgeschichte der **Kiemenbogen**, die wir also jetzt als wahre Kopfrippen zu betrachten haben, ist Ihnen das Wichtigste bereits bekannt. Von den vier ursprünglich angelegten Kiemenbogen der Säugethiere (Taf. I und VII, Fig. 232—236, S. 570) liegt der erste zwischen der primitiven Mundöffnung und der ersten Kiemenspalte. Aus der Basis dieses **ersten Kiemenbogens** wächst der »Oberkieferfortsatz« hervor, der in der früher bereits beschriebenen Weise sich mit dem inneren und äusseren Nasenfortsatze jederseits vereinigt und die wichtigsten Theile des Oberkiefer-Gerüstes bildet (Gaumenbeine, Flügelbeine u. s. w.) (Vergl. S. 571 und 589). Der übrige Theil des ersten Kiemenbogens, den man nun im Gegensatze dazu als »Unterkieferfortsatz« bezeichnet, bildet aus seiner Basis zwei Gehörknöchelchen (Hammer und Ambos) und verwandelt sich im übrigen Theile in einen langen Knorpelstreifen, den nach seinem Entdecker benannten »Meckel'schen Knorpel«. An der Aussenfläche dieses letzteren entsteht als »Deckknochen oder Belegknochen« (aus dem Zellenmaterial der Lederplatte) der bleibende knöcherne Unterkiefer. Aus dem Anfangstheile oder der Basis des **zweiten Kiemenbogens** entsteht bei den Säugethieren das dritte Gehörknöchelchen, der Steigbügel; und aus den folgenden Theilen der Reihe nach: der Steigbügel-Muskel, der Griffelfortsatz des Schläfenbeins, das Griffel-Zungenbeinband und das kleine Horn des Zungenbeins. Der **dritte Kiemenbogen** endlich wird nur im vordersten Theile knorpelig und hier entsteht durch Vereinigung seiner beiden Hälften der Körper des Zungenbeins (die *Copula hyoidea*) und das grosse Horn desselben auf jeder Seite. Der **vierte Kiemenbogen** erscheint beim Embryo der Säugethiere nur vorübergehend als rudimentäres Embryonal-Organ, ohne sich zu besonderen Theilen zu entwickeln; und von den hinteren Kiemenbogen (fünftes und sechstes Paar), die bei den Selachiern bleibend bestehen, ist beim Embryo der höheren Wirbelthiere überhaupt keine Spur mehr zu finden. Diese sind längst verloren gegangen. Auch die vier **Kiemenspalten** des menschlichen Embryo sind bloss als vorübergehende rudimentäre Organe von Interesse, die durch Verwachsung bald ganz verschwinden. Nur die erste Kiemenspalte (zwischen erstem und zweitem Kiemenbogen) hat bleibende Bedeutung, indem sich aus ihr die Trommelhöhle

nebst der Eustachischen Ohrtrompete entwickelt. (Vergl. S. 590 und Taf. I nebst Erklärung.)

Wie uns CARL GEGENBAUR durch seine mustergültigen »Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere« zuerst das wahre Verständniss des Schädels und seines Verhältnisses zur Wirbelsäule eröffnet hat, so hat er auch die nicht minder schwierige und interessante Aufgabe gelöst, das Skelet der Gliedmaassen bei allen Wirbelthieren von einer und derselben Urform phylogenetisch abzuleiten. Wenige Theile des Körpers sind bei den verschiedenen Wirbelthieren durch mannichfaltige Anpassung in Bezug auf Grösse, Form und bestimmte »zweckmässige Einrichtung« so unendlich vielfachen Umbildungen unterworfen, wie die Gliedmaassen, und doch sind wir jetzt im Stande, sie alle auf eine und dieselbe erbliche Grundform zurückzuführen. Im Allgemeinen können wir bezüglich der Gliedmaassen-Bildung unter den Wirbelthieren drei grosse Hauptgruppen unterscheiden. Die niedersten und ältesten Wirbelthiere, die Schädellosen und Kieferlosen, besassen gleich ihren wirbellosen Vorfahren überhaupt noch gar keine paarigen Gliedmaassen, wie uns noch heute Amphioxus und die Cyclostomen bezeugen (Fig. 189, 190). Eine zweite Hauptgruppe bilden die beiden Klassen der echten Fische und der Dipneusten; hier sind ursprünglich überall zwei paar seitliche Gliedmaassen vorhanden, und zwar in Gestalt von vielzehigen Ruderflossen, ein paar Brustflossen (Vorderbeine) und ein paar Bauchflossen (Hinterbeine) Fig. 191, 192; Taf. XII. Die dritte Hauptgruppe endlich wird durch die vier höheren Wirbelthierklassen: Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugethiere gebildet; hier sind ursprünglich dieselben zwei Beinpaare vorhanden, aber in Gestalt von fünfzehigen Füssen. Oft sind weniger als fünf Zehen ausgebildet; bisweilen sind auch die Füsse ganz rückgebildet. Aber die ursprüngliche Stammform der ganzen Gruppe besass vorn und hinten fünf Zehen oder Finger (Pentadactylie, S. 475).

Für die Phylogenie der Gliedmaassen ergiebt sich also aus ihrer vergleichenden Anatomie, dass dieselben zuerst bei den Fischen und zwar bei den Urfischen entstanden sind, von denen sie sich auf alle höheren Wirbelthiere (alle Amphirhinen) vererbt haben, zunächst als vielzehige Schwimmflossen, später als fünfzehige Füsse (Fig. 267—272). Die vordere Extremität, die Brustflosse oder das Vorderbein, ist ursprünglich ganz ebenso gebildet, wie die hintere Gliedmaasse, die Bauchflosse oder das Hinterbein. An

der letzteren sowohl wie an der ersteren können wir von der eigentlichen, äusserlich frei vortretenden Gliedmaasse den innerlich verborgenen Gürtel unterscheiden, durch welchen dieselbe an der Wirbelsäule befestigt ist: vorn den Schultergürtel, hinten den Beckengürtel.

Die wahre Urform der paarigen Gliedmaassen, wie sie die ältesten Urfische während der silurischen Periode besassen, zeigt uns noch heute in vollständiger Erhaltung der alte Lurchfisch Australiens, der merkwürdige Ceratodus (S. 471, Taf. XII). Sowohl die Brustflosse, wie die Bauchflosse ist hier eine platte, ovale Ruderschaufel, in welcher wir ein gefiedertes oder zweizeiliges (biseriales) Knorpel-Skelet finden (Fig. 267). Dieses besteht erstens aus einem starken gegliederten Flossenstabe (oder »Stamme«, Fig. 267, *A B*), der die Flosse von der Basis bis zur Spitze durchzieht, und zweitens aus einer Doppelreihe von dünnen gegliederten Flossenstrahlen (oder Radien, *r*, *r*), welche sich an beide Seiten des Flossenstabes ansetzen, gleich den Fiedern eines gefiederten Blattes. Durch einen einfachen Gürtel in Gestalt eines Knorpelbogens ist diese Urflosse, welche GEGENBAUR zuerst erkannt und Archipterygium genannt hat, an der Wirbelsäule befestigt.[181])

Auch bei einigen Haifischen und Rochen findet sich (besonders in früher Jugend) noch dieselbe Urflosse in mehr oder weniger veränderter Form vor. Bei der Mehrzahl der Urfische aber wird dieselbe bereits dadurch wesentlich umgebildet, dass die Flossenstrahlen an der einen Seite des Flossenstabes theilweise oder ganz verloren gehen und nur an der anderen Seite desselben erhalten bleiben (Fig. 268). So entsteht die halbgefiederte oder einzeilige (uniseriale) Fischflosse, die sich von den Urfischen auf die übrigen Fische vererbt hat (Fig. 269).

Wie aus dieser halbgefiederten Fischflosse das fünfzehige Bein der Amphibien (Fig. 270) entstanden ist, welches sich auf die drei Amnioten-Klassen vererbte, hat uns erst GEGENBAUR gelehrt. Es

---

Fig. 267. Brustflossen-Skelet von Ceratodus (Archipterygium oder zweizeiliges gefiedertes Skelet). *A*, *B* Knorpelreihe des Flossenstammes. *rr* Radien oder Flossenstrahlen. (Nach GÜNTHER.)

Fig. 268. Brustflossen-Skelet eines älteren Urfisches (Acanthias). Die Radien des medialen Flossenrandes (*B*) sind grösstentheils verschwunden; nur wenige (*R'*) sind übrig. *R*, *R* Radien des lateralen Flossenrandes. *mt* Metapterygium. *ms* Mesopterygium. *p* Propterygium. (Nach GEGENBAUR.)

Fig. 269. Brustflossen-Skelet eines jüngeren Urfisches oder Selachiers. Die Radien des medialen Flossenrandes sind ganz verschwunden. Der dunkel schraffirte Theil rechts ist derjenige Abschnitt, der in die fünffingerige Hand der höheren

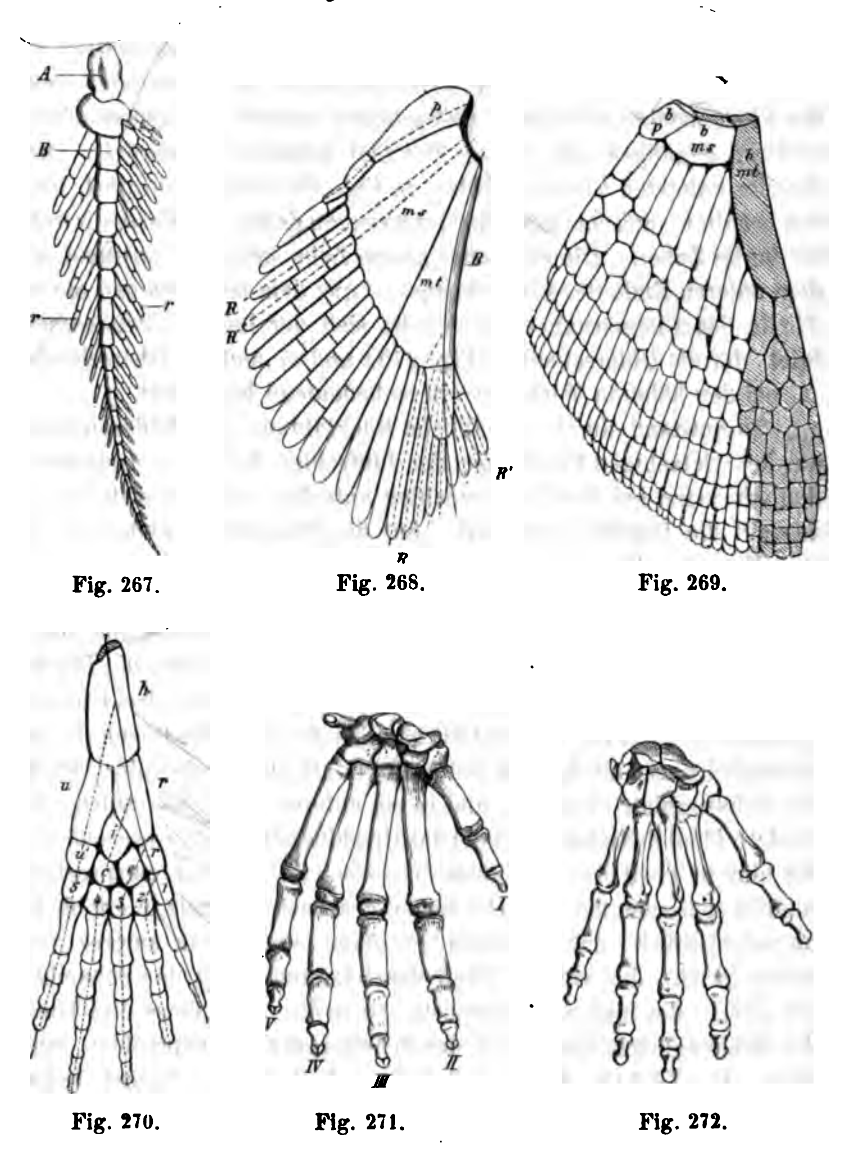


Fig. 267. Fig. 268. Fig. 269.

Fig. 270. Fig. 271. Fig. 272.

Wirbelthiere sich fortsetzt. (*b* Die drei Basalstücke der Flosse: *mt* Metapterygium, Grundlage des Humerus. *ms* Mesopterygium. *p* Propterygium.) Nach GEGENBAUR.

Fig. 270. Vorderbein-Skelet eines Amphibiums. *h* Oberarm (Humerus). *ru* Unterarm (*r* Radius, *u* Ulna.) *ricu* Handwurzelknochen der ersten Reihe (*r* radiale, *i* intermedium, *c* centrale, *u* ulnare). 1, 2, 3, 4, 5 Handwurzelknochen der zweiten Reihe. (Nach GEGENBAUR.)

Fig. 271. Hand-Skelet des Gorilla. (Nach HUXLEY.)

Fig. 272. Hand-Skelet des Menschen, Rückenseite. (Nach MEYER).

sind nämlich bei denjenigen Dipneusten, welche die Stammeltern der Amphibien wurden, auch die Flossenstrahlen an der anderen Seite des Flossenstabes allmählich rückgebildet worden und grösstentheils verloren gegangen (die in Fig. 269 hell gehaltenen Knorpel). Nur die vier untersten Flossenstrahlen (in Fig. 269 dunkel schraffirt) blieben erhalten; und das sind die vier äusseren Zehen des Fusses (zweite bis fünfte Zehe). Die erste oder grosse Zehe hingegen entstand aus dem unteren Ende des Flossenstabes. Aus dem mittleren und oberen Theile des Flossenstabes entwickelte sich der lange Gliedmaassen-Stiel, der als Unterschenkel (Fig. 270 *r* und *u*) und als Oberschenkel (*h*) bei den höheren Wirbelthieren so bedeutend hervortritt.

So entstand durch allmähliche Rückbildung und Differenzirung aus der vielzehigen Fischflosse der fünfzehige Fuss der Amphibien, den wir zuerst bei den Sozobranchien antreffen und der sich von da aus auf die Reptilien einerseits, auf die Säugethiere anderseits bis zum Menschen hinauf vererbt hat (Fig. 272). Mit der Reduction der Flossenstrahlen bis auf vier erfolgte gleichzeitig die weitere Differenzirung des Flossenstabes, seine quere Gliederung in obere und untere Schenkelhälften, und die Umbildung des Gliedergürtels, der bei den höheren Wirbelthieren vorn wie hinten ursprünglich aus drei Knochen zusammengesetzt ist. Es zerfällt nämlich der einfache Bogen des ursprünglichen Schultergürtels jederseits in ein oberes (dorsales) Stück: das Schulterblatt (*Scapula*), und in ein unteres (ventrales) Stück: der vordere Theil des letzteren bildet das Urschlüsselbein (*Procoracoideum*), der hintere Theil das Rabenbein (*Coracoideum*). Ganz entsprechend sondert sich auch der einfache Bogen des Beckengürtels in ein oberes (dorsales) Stück: das Darmbein (*Os ilium*), und in ein unteres (ventrales) Stück: der vordere Theil des letzteren bildet das Schambein (*Os pubis*), der hintere das Sitzbein (*Os ischii*). Wie diese drei Theile des Beckengürtels denjenigen des Schultergürtels entsprechen, zeigt Ihnen die XXXIV. Tabelle (S. 598). Der letztere besitzt jedoch ausserdem noch in dem secundären Schlüsselbein (*Clavicula*) einen vierten Knochen, welcher dem ersteren fehlt (Vergl. GEGENBAUR[182]).

Wie am Gürtel, so ist auch am Stiele der Gliedmaassen die Uebereinstimmung zwischen der vorderen und hinteren Extremität ursprünglich ganz vollständig. Der erste Abschnitt des Stieles wird nur durch einen einzigen starken Knochen gestützt: vorn den Oberarm (*Humerus*), hinten den Oberschenkel (*Femur*). Der zweite Abschnitt enthält dagegen zwei Knochen: vorn Speiche (*Radius*, Fig. 270 *r*) und Ellbogen (*Ulna*, Fig. 270 *u*); hinten entsprechend Schienbein (*Tibia*) und

Wadenbein (*Fibula*). (Vergl. die Skelette Fig. 196 und 204—208.) Auch die darauf folgenden zahlreichen, kleinen Knochen der Handwurzel (*Carpus*) und der Fusswurzel (*Tarsus*) sind vorn und hinten entsprechend angeordnet: ebenso die fünf Knochen der Mittelhand (*Metacarpus*) und des Mittelfusses (*Metatarsus*). Dasselbe gilt endlich auch von den daran angefügten fünf Zehen selbst, die in ihrer charakteristischen Zusammensetzung aus einer Reihe von Knochenstücken vorn und hinten ganz gleiche Verhältnisse zeigen. Wie im Einzelnen die Theile der vorderen und hinteren Gliedmaassen zu vergleichen sind, hat der ausgezeichnete Morphologe CHARLES MARTINS in Montpellier ausführlich gezeigt.[183])

Wenn wir nun so durch die vergleichende Anatomie erfahren, dass das Skelet der Gliedmaassen beim Menschen ganz aus denselben Knochen in derselben Weise zusammengesetzt ist, wie das Skelet in den vier höheren Wirbelthier-Klassen, so werden wir schon daraus auf eine gemeinsame Descendenz derselben von einer einzigen Stammform schliessen dürfen. Diese Stammform war das älteste Amphibium, welches vorn und hinten fünf Zehen besass. Allerdings ist besonders der äusserste Abschnitt der Gliedmaassen durch Anpassung an verschiedene Lebensbedingungen merkwürdig umgebildet. Denken Sie nur daran, welche Verschiedenheiten derselbe innerhalb der Säugethier-Klasse darbietet. Da stehen gegenüber die schlanken Beine des flüchtigen Hirsches und die starken Springbeine des Känguruh, die Kletterfüsse des Faulthieres und die Grabschaufeln des Maulwurfs, die Ruderflossen des Walfisches und die Flügel der Fledermaus. Gewiss wird Jeder zugestehen, dass diese Locomotions-Organe in Bezug auf Grösse, Form und specielle Function so verschieden sind, als sie nur gedacht werden können. Und doch ist das innere Knochengerüst in allen wesentlich dasselbe. Doch finden wir in allen diesen verschiedenen Beinen immer dieselben charakteristischen Knochen in derselben wesentlichen, streng erblichen Verbindung wieder: ein Beweis für die Descendenztheorie, wie ihn die vergleichende Anatomie an einem anderen Organe kaum glänzender liefern kann. (Vergl. Taf. IV, S. 363 meiner »Natürlichen Schöpfungsgeschichte«.) Allerdings erleidet das Skelet in den Gliedmaassen der verschiedenen Säugethiere ausser den speciellen Anpassungen auch vielfache Verkümmerungen und Rückbildungen (Fig. 273). So finden wir schon in dem Vorderfuss (oder der Hand) des Hundes die erste Zehe oder den Daumen rückgebildet (Fig. 273, II). Beim Schwein (III) und beim Tapir (V) ist dieselbe ganz verschwunden. Bei den Wiederkäuern

z. B. beim Rinde, Fig. IV) sind auch die zweite und fünfte Zehe ausserdem rückgebildet und nur die dritte und vierte gut entwickelt. Beim Pferde endlich ist gar nur eine einzige (die dritte) Zehe vollständig ausgebildet (Fig. VI, 3). Und doch sind alle diese verschiedenen Vorderfüsse, ebenso wie die Hand des Affen (Fig. 271) und des Menschen (Fig. 272) aus derselben, gemeinsamen, fünfzehigen Stammform ursprünglich entstanden. Das beweisen sowohl die Rudimente der verkümmerten Zehen, als auch die gleichartige Anordnung der Handwurzelknochen (Fig. 273 *a*—*p*). Vergl. oben S. 475.

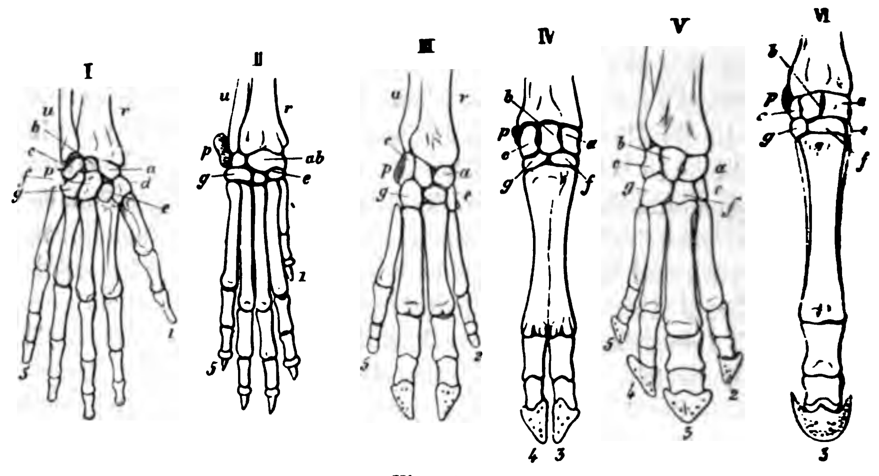


Fig. 273.

Dasselbe beweist aber auch die **Keimesgeschichte der Gliedmaassen**, die nicht nur bei allen Säugethieren, sondern überhaupt bei allen Wirbelthieren, ursprünglich ganz dieselbe ist. Wie verschieden auch die Extremitäten der zahlreichen Schädelthiere später im ausgebildeten Zustande erscheinen, so entwickeln sie sich doch alle aus derselben einfachsten Grundlage (vergl. Taf. VI und VII, S. 310: *f* Vorderbeine, *b* Hinterbeine). Ueberall ist die erste Anlage jeder Gliedmaasse beim Embryo ein ganz einfaches Wärzchen oder Höckerchen, welches aus der Seite des Leibes zwischen Rückenfläche und Bauchfläche hervorwächst (Fig. 119, 120, S. 286; Fig. 136, 137).

Fig. 273. **Skelet der Hand** oder des Vorderfusses von sechs **Säugethieren**: I. Mensch. II. Hund. III. Schwein. IV. Rind. V. Tapir. VI. Pferd. *r* Radius. *u* Ulna. *a* Scaphoideum. *b* Lunare. *c* Triquetrum. *d* Trapezium. *e* Trapezoid. *f* Capitatum. *g* Hamatum. *p* Pisiforme. 1. Daumen. 2. Zeigefinger. 3. Mittelfinger 4. Ringfinger. 5. Kleinfinger. (Nach Gegenbaur.)

Die Zellen, welche die Wärzchen zusammensetzen, gehören zum Hautfaserblatte. Die Oberfläche ist von der Hornplatte überzogen, die an der Spitze der Höckerchen etwas verdickt ist (Taf. IV, Fig. 5 *x*). Die beiden vorderen Wärzchen erscheinen etwas früher als die beiden hinteren. Diese einfachen Anlagen entwickeln sich bei den Fischen und Dipneusten durch Differenzirung ihrer Zellen unmittelbar zu den Flossen. Bei den höheren Wirbelthierklassen hingegen nimmt jedes der vier Wärzchen beim weiteren Wachsthum die Form einer gestielten Platte an, indem die innere Hälfte schmäler und dicker, die äussere breiter und dünner wird. Darauf gliedert sich die innere Hälfte oder der Stiel der Platte in zwei Abschnitte: Oberschenkel und Unterschenkel. Sodann entstehen am freien Rande der Platte vier seichte Einkerbungen, die allmählich tiefer werden: das sind die Einschnitte zwischen den fünf Zehen (Taf. VIII, Fig. 1). Letztere treten bald weiter hervor. Anfangs aber sind vorn sowohl als hinten alle fünf Zehen noch durch eine dünne Bindehaut wie durch eine Schwimmhaut verbunden; sie erinnern an die ursprüngliche Bestimmung des Fusses zur Ruderflosse. Die weitere Entwickelung der Gliedmaassen aus dieser einfachsten Anlage erfolgt bei allen Wirbelthieren in der gleichen Weise, und zwar dadurch, dass gewisse Gruppen von den Zellen des Hautfaserblattes sich zu Knorpeln, andere Gruppen zu Muskeln, noch andere zu Blutgefässen, Nerven u. s. w. umbilden. Wahrscheinlich erfolgt die Differenzirung aller dieser verschiedenen Gewebe in den Gliedmaassen an Ort und Stelle. Gleich der Wirbelsäule und dem Schädel werden auch die Skelettheile der Gliedmaassen zuerst aus weichen indifferenten Zellengruppen des Hautfaserblattes gebildet. Diese verwandeln sich später in Knorpel und aus diesen gehen erst in dritter Linie die bleibenden Knochen hervor. [184])

Von viel geringerem Interesse als die Entwickelungsgeschichte des Skelets oder der passiven Bewegungs-Werkzeuge, ist bis jetzt diejenige der Muskeln oder der activen Locomotions-Organe. Allerdings ist auch für die Stammesgeschichte der letzteren, wie für diejenige der ersteren, die vergleichende Anatomie von viel höherer Bedeutung als die Keimesgeschichte. Da aber die vergleichende Anatomie und die Ontogenie des Muskelsystems bis jetzt noch sehr wenig bearbeitet ist, so können wir auch von der Phylogenie desselben nur ganz allgemeine Vorstellungen haben. Im Grossen und Ganzen hat sich das Muskelsystem in innigster Wechselbeziehung oder Correlation zum Skeletsystem entwickelt. [185])

Fünfunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Skelets.

I. Erste Periode: **Chordonier-Skelet** (Fig. 187, S. 448).

Das Skelet wird allein durch die Chorda dorsalis gebildet.

II. Zweite Periode: **Acranier-Skelet** (Fig. 189, S. 448).

Um die Chorda bildet sich eine Chorda-Scheide, deren dorsale Fortsetzung eine Hülle um das Markrohr bildet.

III. Dritte Periode: **Cyclostomen-Skelet** (Fig. 190, S. 458).

Um das vordere Ende der Chorda bildet sich aus der Chorda-Scheide ein knorpeliger Primordial-Schädel.* Um die Kiemen bildet sich ein äusseres knorpeliges Kiemen-Skelet.

IV. Vierte Periode: **Aelteres Urfisch-Skelet** (Fig. 268, S. 617).

Um die Chorda bildet sich eine primitive Wirbelsäule mit oberen und unteren Bogen (Kiemenbogen und Rippen). Reste des äusseren Kiemen-Skelets bleiben neben dem inneren bestehen. Zwei Paar Gliedmaassen mit gefiedertem (zweizeiligen) Skelet treten auf.

V. Fünfte Periode: **Jüngeres Urfisch-Skelet** (Fig. 269, S. 617).

Die vorderen Kiemenbogen verwandeln sich in Lippenknorpel und Kieferbogen. Das äussere Kiemen-Skelet geht verloren. Das Skelet der beiden Flossen-Paare wird einzeilig (halbgefiedert).

VI. Sechste Periode: **Dipneusten-Skelet** (Fig. 2, Taf. XII).

Der Schädel verknöchert theilweise; ebenso der Schultergürtel.

VII. Siebente Periode: **Amphibien-Skelet** (Fig. 270, S. 617).

Die Kiemenbogen werden zu Theilen des Zungenbeines und des Kiefer-Apparates umgebildet. An dem halbgefiederten Flossen-Skelet verschwinden die Flossenstrahlen bis auf vier, wodurch der fünfzehige Fuss entsteht. Die Wirbelsäule verknöchert.

VIII. Achte Periode: **Monotremen-Skelet** (Fig. 196, S. 494).

Wirbelsäule, Schädel, Kiefer-Apparat und Gliedmaassen-Skelet erlangen die bestimmten Eigenthümlichkeiten der Säugethiere.

IX. Neunte Periode: **Marsupialien-Skelet** (Fig. 197, S. 497).

Das Coracoid-Bein am Schultergürtel wird rückgebildet und sein Rest verschmilzt mit dem Schulterblatt.

X. Zehnte Periode: **Halbaffen-Skelet** (Fig. 199, S. 506).

Die Beutelknochen, welche die Monotremen und Marsupialien auszeichnen, gehen verloren.

XI. Elfte Periode: **Menschenaffen-Skelet** (Fig. 204—208, S. 517).

Das Skelet erlangt diejenige besondere Ausbildung, welche der Mensch ausschliesslich mit den anthropoiden Affen theilt.

Dreiundzwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte des Darmsystems.

»Die Vorsichtigen verlangen daher, man solle nur sammeln und es der Nachwelt überlassen, aus dem Gesammelten ein wissenschaftliches Gebäude aufzuführen; nur dadurch könne man der Schmach entgehen, dass erweiterte Kenntnisse Lehrsätze, die man für wahr gehalten, widerlegten. Wenn nicht schon das Widersinnige dieser Forderung daraus erhellte, dass die vergleichende Anatomie wie jede andere Wissenschaft eine unendliche ist, und also die Endlosigkeit der Materialiensammlung den Menschen nie zur Ernte auf diesem Felde gelangen lassen würde, wenn er jener Forderung consequent nachkäme, so würde die Geschichte uns hinlänglich belehren, dass kein Zeitalter, in welchem wissenschaftliche Bestrebungen rege waren, sich so verleugnen konnte, dass es das Ziel seiner Forschungen nur in die Zukunft setzend, nicht für sich selbst die Resultate aus dem grösseren oder geringeren Schatze der Beobachtungen zu ziehen und die Lücken durch Hypothesen auszufüllen sich bemüht hätte. In der That wäre es auch eine Maassregel der Verzweiflung, wenn man, um Nichts aus seinem Besitze zu verlieren, gar keinen Besitz erwerben wollte.«

Carl Ernst Baer (1819).

Inhalt des dreiundzwanzigsten Vortrages.

Der Urdarm der Gastrula. Die Homologie oder morphologische Gleichheit desselben bei allen Thieren (mit Ausnahme der Protozoen). Uebersicht über den Bau des ausgebildeten menschlichen Darmcanals. Mundhöhle. Schlund. Speiseröhre. Luftröhre und Lungen. Kehlkopf. Magen. Dünndarm. Leber und Gallendarm. Bauchspeicheldrüse. Dickdarm. Mastdarm. Die erste Anlage des einfachen Darmrohres. Gastrula des Amphioxus und des Säugethieres. Abschnürung des Keims von der Keimdarmblase (Gastrocystis). Urdarm (Protogaster) und Nachdarm (Metagaster). Secundäre Bildung von Mund und After aus der äusseren Haut. Entstehung des Darm-Epitheliums aus dem Darmdrüsenblatte, aller anderen Theile des Darms aus dem Darmfaserblatte. Einfacher Darmschlauch der niederen Würmer. Sonderung des primitiven Darmrohres in Athmungsdarm und Verdauungsdarm. Kiemendarm und Magendarm beim Amphioxus und der Ascidie. Entstehung und Bedeutung der Kiemenspalten. Verlust derselben. Kiemenbogen und Kiefergerüst. Bildung des Gebisses. Entstehung der Lunge aus der Schwimmblase der Fische. Sonderung des Magens. Entstehung der Leber und des Pancreas. Sonderung von Dünndarm und Dickdarm. Kloakenbildung.

XXIII.

Meine Herren!

Unter den vegetativen Organen des menschlichen Körpers, zu deren Entwickelungsgeschichte wir uns jetzt wenden, steht allen anderen der Darmcanal voran. Denn unter allen Organen des Thierkörpers ist das Darmrohr das älteste Organ, und führt uns in die früheste Zeit organologischer Sonderung, bis in die ersten Abschnitte des laurentischen Zeitalters zurück. Wie wir schon früher sahen, musste das Resultat der ersten Arbeitstheilung zwischen den gleichartigen Zellen des ältesten vielzelligen Thierkörpers die Bildung eines ernährenden Darmcanals sein. Die erste Pflicht und das erste Bedürfniss jedes Organismus ist die Pflicht der Selbsterhaltung. Dieser Pflicht wird genügt durch die beiden Functionen der Ernährung und der Bedeckung des Körpers. Als daher in dem uralten Haufen von gleichartigen Zellen (Synamoebium), dessen phylogenetische Existenz uns noch heute durch die ontogenetische Entwickelungs-Form des Maulbeerkeims oder der Morula bewiesen wird, die einzelnen Gemeindemitglieder anfingen, sich in die Arbeit des Lebens zu theilen, mussten sie zunächst einen zweifach verschiedenen Beruf ergreifen. Die eine Hälfte verwandelte sich in ernährende Zellen, welche eine verdauende Höhlung, den Darmcanal umschlossen. Die andere Hälfte hingegen bildete sich um in deckende Zellen, welche die äussere Hülle dieses Darmcanals und zugleich des ganzen Körpers bildeten. So entstanden die beiden ersten Keimblätter: das innere, ernährende oder vegetative Blatt, und das äussere, deckende oder animale Blatt.

Wenn wir versuchen, uns in der denkbar einfachsten Form einen Thierkörper zu construiren, der einen solchen primitiven Darmcanal und die beiden, dessen Wand bildenden primären Keimblätter besitzt, so kommen wir nothwendig auf die höchst merkwürdige Keimform der Gastrula, die wir in wunderbarer Gleichförmigkeit durch die ganze Thierreihe hindurch nachgewiesen haben: bei dem Schwämmen,

Nesselthieren, Würmern, Weichthieren, Gliederthieren und Wirbelthieren (Fig. 174—179, S. 429). Bei allen diesen verschiedenen Thierstämmen kehrt die Gastrula in derselben einfachsten Form wieder (Fig. 274). Ihr ganzer Körper ist eigentlich nur Darmcanal: die

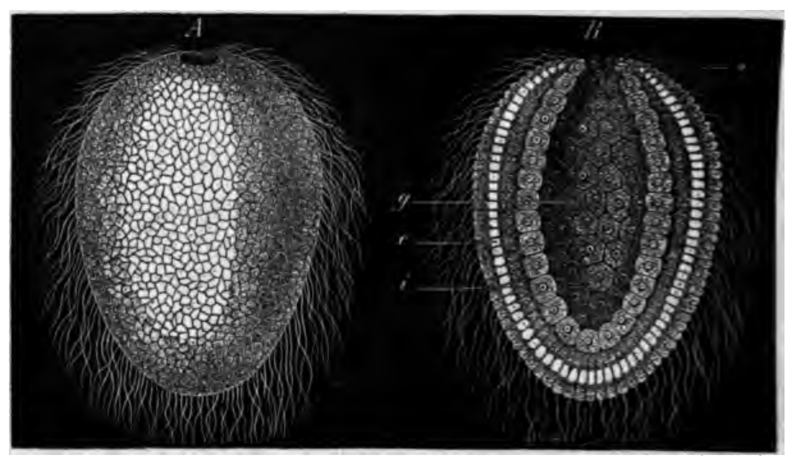


Fig. 274.

einfache Körperhöhle ist die verdauende Darmhöhle, ist **Urdarm** (*Protogaster*, *g*); ihre einfache Oeffnung, der Urmund (*Protostoma*, *o*), ist Mund- und Afteröffnung zugleich: und die beiden Zellenschichten, welche ihre Wand zusammensetzen, sind die beiden primären Keimblätter: das innere ernährende oder vegetative Keimblatt, das Darmblatt (*Entoderma*, *i*) und das äussere deckende und zugleich durch seine Flimmerhaare die Locomotion vermittelnde, animale Keimblatt, das Hautblatt (*Exoderma*, *e*). Die höchst wichtige Thatsache, dass sich bei den verschiedenen Thieren die Gastrula als früher Larvenzustand in der individuellen Entwickelung vorfindet, dass diese Gastrula überall denselben Bau zeigt, und dass der ganz verschieden ausgebildete Darmcanal der verschiedensten Thiere sich ontogenetisch aus demselben einfachsten Gastrula-Darme hervorbildet, diese höchst wichtige Thatsache berechtigt uns nach dem biogenetischen Grundgesetze zu zwei folgenschweren Schlüssen: einem allgemeinen und einem besonderen. Der allgemeine Schluss ist ein Inductions-Schluss und lautet: Der mannichfaltig gestaltete Darm-

---

Fig. 274. Gastrula eines Kalkschwammes (Olynthus). *A* von aussen, *B* im Längsschnitt durch die Axe. *g* Urdarm. *o* Urmund. *i* Darmblatt oder Entoderm. *e* Hautblatt oder Exoderm.

canal aller verschiedenen Darmthiere hat sich phylogenetisch aus einem und demselben höchst einfachen Urdarme, aus der Darmhöhle der Gastraea, hervorgebildet, jener uralten gemeinsamen Stammform, die noch heute durch die Gastrula nach dem biogenetischen Grundgesetze wiederholt wird. Der hieran geknüpfte besondere Schluss ist ein Deductions-Schluss und lautet: Der Darmcanal des Menschen als Ganzes ist homolog dem Darmcanal aller übrigen Thiere: er hat die gleiche ursprüngliche Bedeutung und hat sich aus derselben Grundform hervorgebildet.[186]

Bevor wir nun die Entwickelung des menschlichen Darmcanals im Einzelnen verfolgen, wird es nothwendig sein, mit ein paar Worten uns über die allgemeinsten Verhältnisse der Bildung des Darmcanals beim entwickelten Menschen zu orientiren. Erst wenn diese Ihnen bekannt sind, können Sie die Entwickelungsgeschichte der einzelnen Theile richtig verstehen (vergl. Taf. IV und V, S. 257). Der Darmcanal des ausgebildeten Menschen ist in allen wesentlichen Stücken ebenso zusammengesetzt, wie derjenige aller höheren Säugethiere, und gleicht namentlich derjenigen der Catarhinen, der schmalnasigen Affen der alten Welt. Den Eingang in den Darmcanal bildet die Mundöffnung (Taf. V, Fig. 16 *o*). Durch sie gelangen die Speisen und Getränke zunächst in die Mundhöhle, auf deren Grunde sich die Zunge befindet. Bewaffnet ist unsere Mundhöhle mit 32 Zähnen, welche in zwei Reihen auf den beiden Kiefern, dem Oberkiefer und Unterkiefer, befestigt sind. Wie Sie bereits wissen, ist die Bildung unseres Gebisses genau dieselbe, wie bei den Catarhinen-Affen, während sie von dem Gebiss aller übrigen Thiere verschieden ist (S. 514). Ueber der Mundhöhle befindet sich die doppelte Nasenhöhle: beide sind durch die Scheidewand des Gaumens von einander getrennt. Allein wir haben gesehen, dass ursprünglich diese Trennung nicht besteht, und dass sich zunächst beim Embryo eine gemeinsame Mund-Nasenhöhle bildet, die erst später durch das harte Gaumendach in zwei verschiedene Stockwerke getheilt wird: in die obere Nasenhöhle und die untere Mundhöhle. Die Nasenhöhle steht mit luftgefüllten Knochenhöhlen im Zusammenhang: Kieferhöhlen im Oberkiefer, Stirnhöhlen im Stirnbein, Keilbeinhöhlen im Keilbein. In die Mundhöhlen münden zahlreiche Drüsen von verschiedener Art, insbesondere viele kleine Schleimdrüsen und drei grössere Paare von Speicheldrüsen.

Hinten ist unsere Mundhöhle halb geschlossen durch den Ihnen bekannten senkrechten Vorhang, den wir den weichen Gaumen oder das Gaumensegel nennen und in dessen Mitte unten das sogenannte Zäpfchen ansitzt. Ein Blick in den Spiegel bei geöffnetem Munde belehrt Sie über dessen Gestalt. Das Zäpfchen (*Uvula*) ist deshalb von Interesse, weil es ausser dem Menschen nur noch den Affen zukommt. Beiderseits des Gaumensegels liegen die »Mandeln« (*Tonsillae*). Durch die thorartig gewölbte Oeffnung, welche sich unter dem Gaumensegel befindet, den »Rachen«, gelangen wir in die hinter der Mundhöhle gelegene Schlundhöhle oder den sogenannten »Schlundkopf« (*Pharynx* Taf. V, Fig. 16 *sh*). Derselbe ist nur theilweise sichtbar, wenn wir unseren geöffneten Mund im Spiegel betrachten. In den Schlundkopf mündet jederseits ein enger Gang (die »Eustachische Ohrtrompete«), durch welchen man direct in die Trommelhöhle des Gehörorganes gelangt (Fig. 244 *e*, S. 583). Die Schlundhöhle setzt sich dann weiter fort in ein langes enges Rohr, die Speiseröhre (*sr*). Durch diese gleiten die gekauten und verschluckten Speisen hinunter in den Magen. In den Schlund mündet ferner ganz oben die Luftröhre (*lr*) ein, welche in die Lungen führt. Die Einmündungsstelle ist durch den Kehldeckel geschützt, über den die Speisen hinweggleiten. Die Luft-Athmungs-Organe, die beiden Lungen (Taf. IV, Fig. 8 *lu*) befinden sich beim Menschen, wie bei allen Säugethieren, in der Brusthöhle rechts und links, mitten zwischen ihnen das Herz (Fig. 8 *hr*; *hl*). Am oberen Ende der Luftröhre befindet sich unterhalb des eben genannten Kehldeckels eine besonders differenzirte und durch ein Knorpelgerüste gestützte Abtheilung derselben, der Kehlkopf. Das ist das wichtige Organ der menschlichen Stimme und Sprache, welches sich ebenfalls aus einem Theile des Darmcanales entwickelt. Vor dem Kehlkopf liegt die Schilddrüse (*Thyreoidea*), die sich bei vielen Menschen zum sogenannten »Kropf« vergrössert.

Die Speiseröhre steigt in der Brusthöhle längs der Brustwirbelsäule hinter den Lungen und dem Herzen hinab und tritt in die Bauchhöhle, nachdem sie das Zwerchfell durchbohrt hat. Letzteres (Fig. 16 *z*) ist eine häutig-fleischige quere Scheidewand, welche bei allen Säugethieren (und nur bei diesen!) vollständig die Brusthöhle ($c_{,}$) von der Bauchhöhle ($c_{,,}$) trennt. Wie Sie bereits wissen, ist ursprünglich diese Trennung nicht vorhanden: anfangs bildet sich vielmehr beim Embryo eine gemeinsame Brustbauchhöhle, das Coelom oder die »Pleuroperitonealhöhle«. Erst später wächst das Zwerchfell als musculöse Scheidewand horizontal zwischen Brusthöhle und Bauch-

höhle hinein. Diese Scheidewand sperrt dann beide Höhlen vollständig von einander ab und wird nur von einzelnen Organen durchbohrt, welche durch die Brusthöhle in die Bauchhöhle hinabtreten. Von diesen Organen ist eines der wichtigsten die Speiseröhre. Nachdem diese durch das Zwerchfell hindurch in die Bauchhöhle getreten ist, erweitert sie sich zum Magenschlauch, in welchem vorzüglich die Verdauung stattfindet. Der Magen des erwachsenen Menschen (Fig. 275, Taf. III, Fig. 16 *mg*) ist ein länglicher, etwas schräg gestellter Sack, der links in einen Blindsack, den Magengrund oder Fundus sich erweitert (*b*) rechts dagegen sich verengt, und an dem rechten Ende, dem sogenannten Pylorus oder Pförtnertheil (*e*) in den Dünndarm übergeht. Hier befindet sich zwischen beiden Darmabtheilungen eine Klappe, die Pylorus-Klappe (*d*); sie öffnet sich nur dann, wenn der Speisebrei aus dem Magen in den Dünndarm tritt. Der Magen selbst ist das wichtigste Verdauungsorgan und besorgt vorzugsweise die Auflösung der Speisen. Die fleischige Wand des Magens ist verhältnissmässig dick; sie besitzt auswendig starke Muskellagen, welche die Verdauungsbewegung des Magens bewirken; inwendig eine grosse Masse von kleinen Drüsen, den Labdrüsen, welche den verdauenden Magensaft oder Labsaft absondern.



Fig. 275.

Auf den Magen folgt der längste Abschnitt des ganzen Darmcanals, der Mitteldarm oder Dünndarm (*Chylogaster*). Er hat vorzugsweise die Aufgabe, die Aufsaugung der verdauten flüssigen Nahrungsmasse oder des Speisebreies zu bewirken, und zerfällt wieder in mehrere Abschnitte, von denen der erste, auf den Magen zunächst folgende, der Gallendarm oder Zwölffingerdarm (*Duodenum*) heisst (Fig. 275 *fgh*). Der Gallendarm bildet eine kurze, hufeisenförmig gebogene Schlinge. In denselben münden die grössten Drüsen des

---

Fig. 275. Magen und Gallendarm des Menschen im Längsschnitt. *a* Cardia (Grenze der Speiseröhre). *b* Fundus (Blindsack der linken Seite). *c* Pylorusfalte. *d* Pylorusklappe. *e* Pylorushöhle. *fgh* Gallendarm. *i* Einmündungsstelle des Gallenganges und des Pancreasganges. (Nach H. Meyer.)

Darmcanals ein: die Leber, die wichtigste Verdauungsdrüse, welche die Galle liefert; und eine sehr grosse Speicheldrüse, die Bauchspeicheldrüse oder das Pancreas, welche den Bauchspeichel absondert. Beide Drüsen ergiessen die von ihnen abgesonderten Säfte, Galle und Bauchspeichel, nahe bei einander in das Duodenum (*i*). Die Leber ist beim erwachsenen Menschen eine mächtige, sehr blutreiche Drüse, auf der rechten Seite unmittelbar unter dem Zwerchfell gelegen und durch dieses von den Lungen getrennt (Taf. V, Fig. 16 *lb*). Die Bauchspeicheldrüse liegt etwas weiter dahinter und mehr links (Fig. 16 *p*). Der Dünndarm wird in seinem weiteren Verlaufe so lang, dass er nothwendig, um im engen Raume der Bauchhöhle Platz zu finden, sich in viele Schlingen zusammenlegen muss; diese stellen das sogenannte »Gedärme« dar. Dasselbe zerfällt in einen oberen Leerdarm (*Jejunum*) und in einen unteren Krummdarm (*Ileum*). In diesem letzteren Abschnitte liegt diejenige Stelle des Dünndarmes, wo beim Embryo der Dottersack in das Darmrohr mündet. Dieses lange dünne Gedärme geht dann weiterhin in den grossen weiten Dickdarm über, von dem es durch eine besondere Klappe abgeschlossen wird. Unmittelbar hinter dieser »Bauhin'schen Klappe« bildet der Anfang des Dickdarmes eine weite taschenförmige Ausstülpung, den Blinddarm (*Coecum*). Das verkümmerte Ende des Blinddarmes ist als rudimentäres Organ berühmt: »der wurmförmige Darmfortsatz« (*Processus vermiformis*). Der Dickdarm oder das Colon besteht aus drei Theilen, einem aufsteigenden rechten, einem queren mittleren und einem absteigenden linken Theile. Der letztere geht schliesslich durch eine Sförmige Biegung, des sogenannte *S*romanum, in den letzten Abschnitt des Darmcanals, den Mastdarm über, welcher sich hinten durch den After öffnet (Taf. V, Fig. 16 *a*). Sowohl der Dickdarm als der Dünndarm sind mit sehr zahlreichen kleinen Drüsen ausgestattet, die theils schleimige, theils andere Säfte abscheiden.

Angeheftet ist der Darmcanal in dem grössten Theile seiner Länge an die innere Rückenfläche der Bauchhöhle oder an die untere Fläche der Wirbelsäule. Die Anheftung geschieht vermittelst jener, Ihnen bereits bekannten, dünnen häutigen Platte, die wir das Gekröse oder Mesenterium nannten, und die sich unmittelbar unter der Chorda aus dem Darmfaserblatte entwickelt, da wo sich dasselbe in die äussere Lamelle des Seitenblattes, in das Hautfaserblatt, umbiegt (Taf. IV, Fig. 5 *g*). Die Umbiegungsstelle wurde als »Mittelplatte« bezeichnet (Fig. 99 *mp*, S. 267). Anfangs ist dieses Gekröse ganz kurz (Taf. V, Fig. 14 *g*); aber im mittleren Theile des Darm-

canals verlängert es sich bald sehr beträchtlich und gestaltet sich zu einer dünnen durchsichtigen Hautplatte, welche um so ausgedehnter sein muss, je weiter sich die Darmschlingen von ihrer ursprünglichen Anheftungsstelle an der Wirbelsäule entfernen. In dieser Gekrösplatte verlaufen die Blutgefässe, Lymphgefässe und Nerven, welche an den Darmcanal herantreten.

Obgleich nun der Darmcanal des ausgebildeten Menschen in dieser Weise ein höchst zusammengesetztes Organ darstellt, und obgleich derselbe im Einzelnen noch eine Masse von verwickelten und feinen Structur-Verhältnissen zeigt, auf die wir hier gar nicht eingehen können, so hat sich dennoch dieses ganze complicirte Gebilde historisch aus jener einfachsten Form des Urdarmes hervorgebildet, welche unsere Gastraeaden-Ahnen besassen und welche uns noch heutzutage jede Gastrula vorführt. Wir haben schon früher (im VIII. Vortrage) nachgewiesen, wie sich die eigenthümliche Hauben-Gastrula der Säugethiere (Fig. 277) zurückführen lässt auf die ursprüngliche

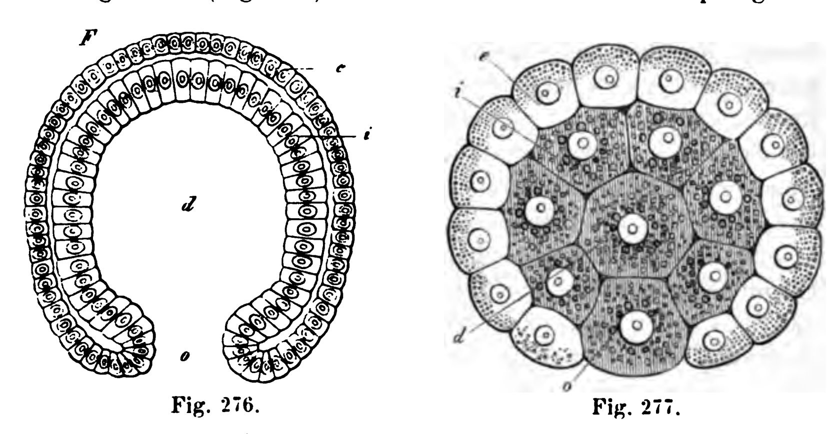


Fig. 276. Fig. 277.

Form der Glocken-Gastrula, welche unter allen Wirbelthieren einzig und allein der Amphioxus bis auf den heutigen Tag getreu conservirt hat (Fig. 276; Taf. X, Fig. 10). Gleich dieser letzteren ist auch die Gastrula des Menschen und aller anderen Säugethiere als die ontogenetische Wiederholung derjenigen phylogenetischen Entwickelungs-Form zu betrachten, welche wir Gastraea nennen und bei welcher der ganze Thierkörper Darm ist.

Fig. 276. Archigastrula des Amphioxus (im Längsschnitt). *d* Urdarm. *o* Urmund. *i* Darmblatt. *e* Hautblatt.

Fig. 277. Amphigastrula des Säugethieres (im Längsschnitt). Urdarm (*d*) und Urmund (*o*) sind von Zellen des Darmblattes (*i*) ausgefüllt. *e* Hautblatt.

Die eigenthümliche Art und Weise, in welcher sich der complicirte Darmcanal des Menschen aus jener einfachen Gastrula entwickelt, und welche derjenigen der übrigen Säugethiere gleich ist, kann nur dann richtig verstanden werden, wenn man sie im Lichte der Phylogenie betrachtet. Dieser entsprechend müssen wir zwischen dem ursprünglichen, primären Darm (»Urdarm«, *Protogaster*) der Schädellosen, und dem gesonderten, secundären Darm (»Nachdarm«, *Metagaster*) der Schädelthiere unterscheiden. Der Darm des Amphioxus (des Vertreters der Schädellosen) bildet keinen Dottersack und entwickelt sich palingenetisch aus dem ganzen Urdarm der Gastrula. Der Darm der Schädelthiere hingegen besitzt eine abgeänderte cenogenetische Entwickelungsform, und sondert sich frühzeitig in zwei verschiedene Theile: in den bleibenden secundären Darm, aus dem allein die verschiedenen Theile des differenzirten Darm-Systems entstehen, und in den vergänglichen Dottersack, der nur als Proviant-Magazin für den Aufbau des Embryo dient. Am stärksten ausgebildet ist der Dottersack bei den Urfischen, Knochenfischen, Reptilien und Vögeln. Rückgebildet ist er bei den Säugethieren, namentlich bei den Placentalthieren. Als eine vermittelnde Zwischenbildung zwischen der palingenetischen Darm-Entwickelung der Schädellosen und der cenogenetischen Darm-Entwickelung der Amnioten ist die eigenthümliche Darm-Entwickelung der Cyclostomen, Ganoiden und Amphibien zu betrachten.[187]

Sie wissen nun bereits aus unserer Keimesgeschichte, in welcher eigenthümlichen Weise jene Darmbildung beim Embryo des Menschen und der übrigen Säugethiere erfolgt. Aus der Gastrula derselben entsteht zunächst die kugelige, mit Flüssigkeit gefüllte Keimdarmblase (*Gastrocystis*, Fig. 72, 73, S. 233). In deren Wand bildet sich der sohlenförmige Keimschild, und an dessen Unterseite erscheint in der Mittellinie eine flache Rinne, die erste Anlage des späteren, secundären Darmrohrs. Diese Darmrinne wird immer tiefer, und ihre Ränder krümmen sich gegen einander, um endlich zu einer Röhre zusammenzuwachsen (Fig. 100, S. 268). Die Wand dieses secundären Darmrohrs besteht aus zwei Häuten, aus dem inneren Darmdrüsenblatte und aus dem äusseren Darmfaserblatte. Das Rohr ist anfangs ganz geschlossen und besitzt nur in der Mitte der unteren Wand eine Oeffnung, durch welche es mit der Keimdarmblase in Verbindung steht. (Taf. V, Fig. 14). Letztere wird im Laufe der Entwickelung immer kleiner, je mehr sich der Darmcanal ausbildet. Während anfangs das Darmrohr nur als ein kleiner Anhang an einer Seite der grossen Keim-

darmblase erscheint (Fig. 278), bildet später umgekehrt der Rest der letzteren nur einen ganz unbedeutenden Anhang an dem grossen Darmcanal. Dieser Anhang ist der »Dottersack« oder die Nabelblase. Dieselbe besitzt später gar keine Bedeutung mehr und geht endlich ganz unter, indem der definitive Verschluss der ursprünglichen mittleren Oeffnung des Darmcanales erfolgt und sich hier der sogenannte Darmnabel bildet (Fig. 94, S. 250).

Sie wissen auch bereits, dass dieses einfache cylindrische Darmrohr anfänglich beim Menschen wie bei den Wirbelthieren überhaupt vorn und hinten blind geschlossen ist (Taf. V, Fig. 14), und dass sich die beiden bleibenden Oeffnungen des Darmcanals, vorn der Mund, hinten der After, erst nachträglich bilden und zwar von der äusseren Haut her. Vorn entsteht in der äusseren Haut eine flache Mundgrube, die dem blinden vorderen Ende der Kopfdarmhöhle entgegenwächst und endlich in diese durchbricht. Ebenso bildet sich hinten in der Hautdecke eine flache Aftergrube aus, welche bald tiefer wird, dem blinden hinteren Ende der Beckendarmhöhle entgegenwächst und schliesslich mit dieser sich vereinigt (S. 272). Vorn wie hinten besteht anfänglich zwischen der äusseren Hautgrube und dem blinden Darmende eine dünne Scheidewand, welche bei dem Durchbruch verschwindet. [188]

Unmittelbar vor der Afteröffnung wächst aus dem Hinterdarm die Allantois hervor, jenes wichtige embryonale Anhangsgebilde, welches sich bei den Placentalthieren, und nur bei diesen (also auch beim Menschen), zur Placenta entwickelt (Fig. 278, 279 *l*; Taf. V, Fig. 14 *al*). In dieser weiter entwickelten Form, welche Ihnen das Schema in Fig. $94_{,4}$, S. 250 vorführt, stellt nunmehr der Darmcanal des Menschen, gleich demjenigen aller anderen Säugethiere, ein schwach gekrümmtes, cylindrisches Rohr dar, welches vorn und hinten eine Oeffnung besitzt und aus dessen unterer Wand zwei Blasen hervorhängen: die vordere Nabelblase oder der Dottersack und die hintere Allantois oder der Urharnsack.

Die dünne Wand dieses einfachen Darmrohres und seiner beiden blasenförmigen Anhänge zeigt sich bei mikroskopischer Untersuchung aus zwei verschiedenen Zellenschichten zusammengesetzt. Die innere Schicht, welche den gesammten Hohlraum auskleidet, besteht aus grösseren dunkleren Zellen und ist das Darmdrüsenblatt. Die äussere Schicht besteht aus helleren kleineren Zellen und ist das Darmfaserblatt. Eine Ausnahme von dieser Zusammensetzung macht nur die

Mundhöhle und die Afterhöhle, weil diese aus der äusseren Haut entstehen. Die innere Zellenauskleidung der gesammten Mundhöhle



Fig. 278.



Fig. 279.

wird daher nicht vom Darmdrüsenblatte, sondern vom Hautsinnesblatte geliefert, und ihre fleischige Unterlage nicht vom Darmfaserblatte, sondern vom Hautfaserblatte. Dasselbe gilt von der Wand der Afterhöhle (Taf. V, Fig. 15).

Fragen Sie nun, wie sich diese constituirenden Keimblätter der primitiven Darmwand zu den mancherlei verschiedenen Geweben und Organen verhalten, die wir später am ausgebildeten Darme antreffen, so ist die Antwort darauf höchst einfach. Die Bedeutung dieser beiden Blätter für die gewebliche Ausbildung und Differenzirung des Darmcanales mit allen seinen Theilen lässt sich in einem einzigen Satze zusammenfassen: Es entwickelt sich das Darm-Epithelium, d. h. die innere, weiche Zellenschicht, welche die Höhlung des Darmcanals und aller seiner Anhänge auskleidet und welche unmittelbar

---

Fig. 278. Menschlicher Embryo mit Amnion und Allantois, aus der dritten Woche; mit grossem kugeligem Dottersack (unten) und blasenförmiger Allantois (rechts), noch ohne Gliedmaassen. Keim und Anhänge sind von der Zottenhaut umschlossen.

Fig. 279. Menschlicher Embryo mit Amnion und Allantois, aus der vierten Woche (nach KRAUSE). Das Amnion (*w*) liegt dem Körper ziemlich eng an. Der grösste Theil des Dottersacks (*d*) ist entfernt (abgerissen). Die Allantois (*l*) ist hinter demselben als birnförmiges, ansehnliches Bläschen sichtbar. Arme *f* und Beine *b* sind eben angelegt. *v* Vorderhirn. *z* Zwischenhirn. *m* Mittelhirn. *h* Hinterhirn. *n* Nachhirn. *i* Auge. *k* Drei Kiemenbogen. *c* Herz. *s* Schwanz.

die Ernährungs-Vorgänge einleitet, einzig und allein aus dem Darmdrüsenblatte; alle anderen Gewebe und Organe hingegen, die zum Darmcanal und seinen Anhängen gehören, entstehen aus dem Darmfaserblatte. Aus diesem letzteren entwickelt sich also die ganze äussere Umhüllung des Darmrohrs und seine Anhänge: das faserige Bindegewebe und die glatten Muskeln, welche seine Fleischhaut zusammensetzen; die Knorpel, welche dieselbe stützen (z. B. die Knorpel des Kehlkopfes und der Luftröhre), die zahlreichen Blutgefässe und Lymphgefässe, welche aus der Wand des Darmes Nahrung aufsaugen, kurz alles Andere, was ausser dem Darm-Epithel am Darme sonst noch vorkommt. Aus demselben Darmfaserblatte entsteht ausserdem noch das ganze Gekröse oder Mesenterium mit allen darin liegenden Theilen, das Herz, die grossen Blutgefässe des Körpers u. s. w. (Taf. V, Fig. 16).

Verlassen wir nun einen Augenblick diese ursprüngliche Anlage des Säugethierdarmes, um einen Vergleich derselben mit dem Darmcanal der niederen Wirbelthiere und der Würmer anzustellen, welche wir als Vorfahren des Menschen kennen gelernt haben. Da finden wir zunächst bei den einfachsten Strudelwürmern oder Turbellarien (*Rhabdocoela*, Fig. 280) eine sehr einfache Darmform. Wie bei der Gastrula, ist auch bei diesen Würmern der Darm ein einfacher Schlauch mit einer einzigen Oeffnung, die Mund- und After-Oeffnung zugleich ist (*m*). Doch hat sich schon der Darmschlauch in zwei verschiedene Abschnitte gesondert, einen vorderen Schlunddarm (*sd*) und einen hinteren Magendarm (*d*). Eine höhere Bedeutung erlangt diese Sonderung bei den Ascidien (Fig. 281) und beim Amphioxus (Fig. 282), jenen höchst interessanten Thieren, welche die Brücke zwischen den Würmern und den Wirbelthieren herstellen. In beiden Thierformen ist der Darm wesentlich übereinstimmend; der vordere Abschnitt bildet den athmenden Kiemendarm, der hintere den verdauenden Magendarm. In beiden entwickelt er sich palingenetisch aus dem Urdarm der Gastrula (Taf. XI, Fig. 4, 10). Jedoch wächst die ursprüngliche Mundöffnung der Gastrula oder der Urmund nachher wieder zu, und an ihrer Stelle bildet sich neu die spätere Afteröffnung. Ebenso ist auch die Mundöffnung des Amphioxus und der Ascidie eine Neubildung, und dasselbe gilt in gleicher Weise von der Mundöffnung des Menschen und überhaupt aller Schädelthiere. Die secundäre Mundbildung des Lanzetthierchens hängt, wie sich mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthen lässt, mit der Bildung der Kiemenspalten zusammen, welche unmittelbar hinter derselben in der

Darmwand auftreten. Damit wird der vordere Abschnitt des Darms zum Athmungsorgan. Wie charakteristisch diese Anpassung für die

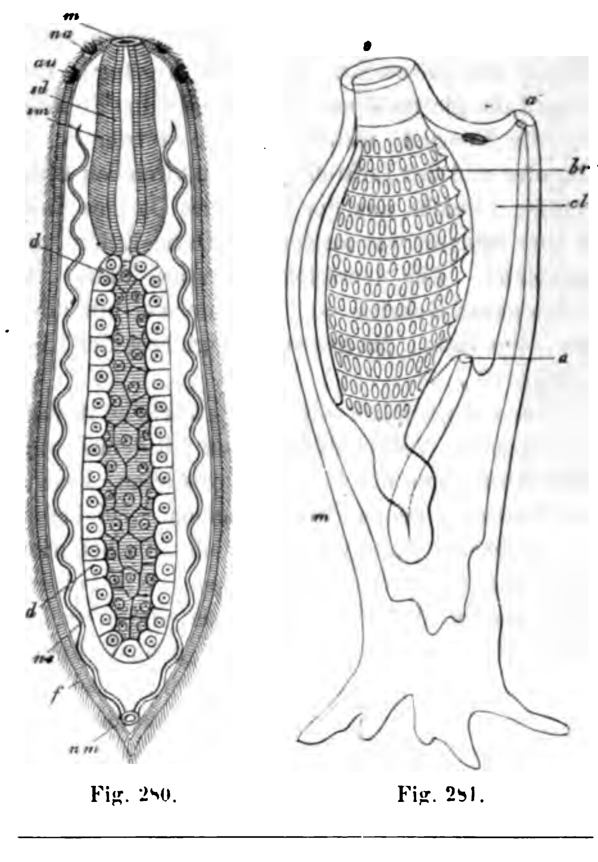


Fig. 280. Fig. 281.



Fig. 282.

Fig. 280. Ein einfacher Strudelwurm *Rhabdocoela*. *m* Mund. *s* Schlund. *sd* Schlund-Epithel. *sm* Schlund-Muskulatur. *d* Magendarm. *nc* Nierencanäle. *nm* Nierenmündung. *au* Auge. *na* Geruchsgrube.

Fig. 281. Organisation einer Ascidie (Ansicht von der linken Seite wie auf Taf. XI. Fig. 14; die Rückenseite ist nach rechts, die Bauchseite nach links gekehrt, die Mundöffnung (*o*) nach oben: am entgegengesetzten Schwanzende ist die Ascidie unten festgewachsen. Der Kiemendarm (*br*), der von vielen Spalten durchbrochen ist, setzt sich unten in den Magendarm fort. Der Enddarm öffnet sich durch den After (*a*) in die Kiemenhöhle (*cl*), aus der die Excremente mit dem Athemwasser durch das Kiemenloch oder die Cloakenmündung (*a'*) entfernt werden. *m* Mantel. (Nach GEGENBAUR.)

Fig. 282. Das Lanzetthierchen (*Amphioxus lanceolatus*), zweimal vergrössert von der linken Seite gesehen (die Längsaxe steht senkrecht; das Mundende ist nach oben, das Schwanzende nach unten gerichtet, ebenso wie auf Taf. XI. Fig. 15). *a* Mundöffnung, von Bartfäden umgeben. *b* Afteröffnung. *c* Kiemenloch (*Porus branchialis*). *d* Kiemenkorb. *e* Magen. *f* Leber. *g* Dünndarm. *h* Kiemenhöhle. *i* Chorda (Axenstab), unter derselben die Aorta. *k* Aortenbogen. *l* Stamm der Kiemenarterie. *m* Anschwellungen an den Aesten derselben. *n* Hohlvene. *o* Darmvene.

Wirbelthiere und die Mantelthiere ist, haben wir schon früher hervorgehoben (S. 446). Die phylogenetische Entstehung der Kiemenspalten bezeichnet den Beginn einer neuen Epoche in der Stammesgeschichte der Wirbelthiere.

Auch bei der weiteren ontogenetischen Entwickelung des Darmcanals im menschlichen Embryo erscheint die Entstehung der Kiemenspalten als wichtigster Vorgang. Wie Sie wissen, verschmilzt am Kopfe des menschlichen Embryo sehr frühzeitig die Schlundwand mit der äusseren Körperwand, und es erfolgt dann rechts und links an den Seiten des Halses, hinter der Mundöffnung, die Bildung von vier Spalten, die von aussen unmittelbar in die Schlundhöhle hineinführen. Diese Spalten sind die Kiemenspalten, und die Scheidewände, durch welche sie getrennt werden, die Kiemenbogen (Fig. 116—118, S. 305; Taf. I und Taf. V, Fig. 15 *ks*). Das sind embryonale Bildungen von höchstem Interesse. Denn wir sehen daraus, dass die höheren Wirbelthiere alle noch in ihrer ersten Jugend nach dem biogenetischen Grundgesetze denselben Vorgang recapituliren, welcher ursprünglich für die Entstehung des ganzen Wirbelthierstammes von der grössten Bedeutung wurde. Dieser Vorgang war eben die Sonderung des Darmrohres in zwei Abschnitte: in einen vorderen respiratorischen Abschnitt, den Kiemendarm, welcher bloss der Athmung dient; und einen hinteren digestiven Abschnitt, den Magendarm, welcher bloss der Verdauung dient. Da wir diese höchst charakteristische Sonderung des Darmrohres in zwei physiologisch ganz verschiedene Hauptabschnitte ebenso beim Amphioxus wie bei den Ascidien und Appendicularien antreffen, so dürfen wir schliessen, dass sie auch bereits bei unseren gemeinsamen Vorfahren, den Chordoniern vorhanden war, um so mehr als selbst der Eichelwurm sie schon besitzt (Fig. 186, S. 445). Allen übrigen wirbellosen Thieren fehlt diese eigenthümliche Einrichtung völlig.

Die Zahl der Kiemenspalten ist bei dem Amphioxus, wie bei den Ascidien und beim Eichelwurm, noch sehr gross. Bei den Schädelthieren ist sie hingegen schon sehr vermindert. Die Fische haben meist nur 4—6 Paar Kiemenspalten. Auch beim Embryo des Menschen und der höheren Wirbelthiere überhaupt, wo sie schon sehr frühzeitig auftreten, kommen bloss 3—4 Paar zur Entwickelung. Bei den Fischen bleiben die Kiemenspalten zeitlebens bestehen und lassen das durch den Mund aufgenommene Athemwasser nach aussen treten (Fig. 191, 192, S. 467; Taf. V, Fig. 13 *ks*). Hingegen verlieren sie sich

Sechsunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die Entwickelung des menschlichen Darmsystems.

(NB. Die mit † bezeichneten Theile sind Ausstülpungen des Darmrohrs.)

Hauptabschnitt	Abschnitt	Theil	Lateinisch	Keimblatt
I. Erster Hauptabschnitt des Darmsystems: **Athmungs-Darm** (Kiemendarm). **Pneogaster** (Tractus respiratorius).	**1. Mundhöhle** (**Cavum oris**)	Mundöffnung	***Rima oris***	Darmwand vom Hautblatt (Exoderm) gebildet.
		Lippen	***Labia***	
		Kiefer	***Maxillae***	
		Zähne	***Dentes***	
		Zunge	***Lingua***	
		Zungenbein	***Os hyoides***	
		† Speicheldrüsen	***Glandulae salivales***	
		Gaumensegel	***Velum palatinum***	
		Zäpfchen	***Uvula***	
	2. Nasenhöhle (**Cavum nasi**)	Nasengänge	***Meatus narium***	
		† Kieferhöhlen	***Sinus maxillares***	
		† Stirnhöhlen	***Sinus frontales***	
		† Keilbeinhöhlen	***Sinus ethmoidales***	
	3. Schlundhöhle (**Cavum pharyngis**)	Rachen	***Isthmus faucium***	Darmwand vom Darmblatt (Entoderm) gebildet. (Ausgenommen die vom Hautblatt gebildete Afterhöhle.)
		Mandeln	***Tonsillae***	
		Schlundkopf	***Pharynx***	
		† Ohrtrompete	***Tuba Eustachii***	
		† Paukenhöhle	***Cavum tympani***	
		† Hirnanhang	***Hypophysis***	
		† Schilddrüse	***Thyreoidea***	
	4. Lungenhöhle (**Cavum pulmonis**)	† Kehlkopf	*Larynx*	
		† Luftröhre	*Trachea*	
		† Lungen	*Pulmones*	
II. Zweiter Hauptabschnitt des Darmsystems: **Verdauungs-Darm** (Magendarm). **Peptogaster** (Tractus digestivus).	**5. Vorderdarm** (**Prosogaster**)	Speiseröhre	*Oesophagus*	
		Mageneingang	*Cardia*	
		Magen	*Stomachus*	
		Magenausgang	*Pylorus*	
	6. Mitteldarm (**Mesogaster**)	Gallendarm	*Duodenum*	
		† Leber	*Hepar*	
		† Bauchspeicheldrüse	*Pancreas*	
		Leerdarm	*Jejunum*	
		(† Dottersack oder Nabelbläschen)	(*Vesicula umbilicalis*)	
		Krummdarm	*Ileum*	
	7. Hinterdarm (**Epigaster**)	Dickdarm	*Colon*	
		† Blinddarm	*Coecum*	
		† Wurmanhang des Blinddarmes	*Processus vermiformis*	
		Mastdarm	*Rectum*	
		Afteröffnung	*Anus*	
	8. Harndarm (**Urogaster**)	(† Urharnsack)	(*Allantois*)	
		† Harnröhre	*Urethra*	
		† Harnblase	*Urocystis*	

schon theilweise bei den Amphibien und gänzlich bei allen höheren Wirbelthieren. Hier bleibt nur ein einziger Rest der Kiemenspalten bestehen und zwar der Ueberrest der ersten Kiemenspalte. Dieser gestaltet sich zu einem Theile des Gehörorganes; es entsteht daraus der äussere Gehörgang, die Trommelhöhle und die Eustachische Ohrtrompete. Wir haben diese merkwürdigen Bildungen bereits früher betrachtet und wollen nur nochmals die interessante Thatsache hervorheben, dass unser mittleres und äusseres Gehörorgan das letzte Erbstück von der Kiemenspalte eines Fisches ist. Auch die Kiemenbogen, welche die Kiemenspalten trennen, entwickeln sich zu sehr verschiedenartigen Theilen. Bei den Fischen bleiben sie zeitlebens Kiemenbogen, welche die athmenden Kiemenblättchen tragen; ebenso auch noch bei den niedersten Amphibien; bei den höheren Amphibien aber erleiden sie im Laufe der Entwickelung schon mannichfache Verwandlungen, und bei allen drei höheren Wirbelthierklassen, also auch beim Menschen, entstehen aus den Kiemenbogen das Zungenbein und die Gehörknöchelchen (vergl. Taf. VI und VII).

Aus dem ersten Kiemenbogen, an dessen Innenfläche in der Mitte die fleischige Zunge hervorwächst, entsteht die Anlage des Kiefergerüstes: Oberkiefer und Unterkiefer, welche die Mundöffnung umgeben und das Gebiss tragen. Den Acraniern und Monorhinen fehlen diese wichtigen Theile noch völlig. Sie treten erst bei den echten Fischen auf und haben sich von den Fischen auf die höheren Wirbelthiere vererbt. Die ursprüngliche Bildung unseres Mund-Skelets, des Oberkiefers und des Unterkiefers, ist also auf die ältesten Fische zurückzuführen, von denen wir sie geerbt haben. Die Bezahnung der Kiefer geht aus der äusseren Hautdecke hervor, welche die Kiefer überkleidet. Denn da die Bildung der ganzen Mundhöhle von dem äusseren Keimblatte aus erfolgt, so müssen natürlich auch die Zähne ursprünglich aus dem Hautblatt entstanden sein. Das lässt sich in der That durch die genaue mikroskopische Untersuchung der Entwickelung und der feinsten Structur-Verhältnisse der Zähne nachweisen. Die Schuppen der Fische, insbesondere der Haifische, verhalten sich in dieser Beziehung ganz gleich ihren Zähnen (Fig. 283). Unsere menschlichen Zähne sind also ihrem ältesten Ursprunge nach umgebildete Fischschuppen.[158]) Aus dem gleichen Grunde müssen wir die Speicheldrüsen, welche in die Mundhöhle einmünden, eigentlich als Oberhautdrüsen ansehen, die sich nicht gleich den übrigen Darmdrüsen aus dem Darmdrüsenblatte des Darmcanals hervorgebildet haben, sondern aus der äusseren Oberhaut, aus der

Hornplatte des äusseren Keimblattes. Selbstverständlich müssen, entsprechend dieser Entwickelungsgeschichte des Mundes, die Speicheldrüsen mit den Schweissdrüsen, Talgdrüsen und Milchdrüsen der Epidermis genetisch in eine Reihe gestellt werden.



Fig. 283.

Unser menschlicher Darmcanal ist also in seiner ursprünglichen Anlage so einfach wie der Urdarm der Gastrula. Weiterhin gleicht er dem der niedersten Würmer. Dann scheidet er sich in zwei Abtheilungen, einen vorderen Kiemendarm und einen hinteren Magendarm, gleich dem Darmcanal des Amphioxus und der Ascidie. Durch die Ausbildung der Kiefer und der Kiemenbogen geht er in einen wahren Fischdarm über. Später aber geht der Kiemendarm, der eine Reminiscenz an die Fisch-Vorfahren ist, als solcher fast ganz verloren. Die Theile, welche davon übrig bleiben, verwandeln sich in ganz andere Gebilde. Trotzdem aber so die vordere Abtheilung unseres Darmcanals ihre ursprüngliche Bedeutung als Kiemendarm völlig aufgiebt, behält sie dennoch die physiologische Bedeutung des Athmungs-Darmes bei. Wir werden nämlich jetzt durch die höchst interessante und merkwürdige Wahrnehmung überrascht, dass auch das bleibende Respirationsorgan der höheren Wirbelthiere, nämlich die luftathmende Lunge, sich ebenfalls aus diesem vorderen Abschnitte des Darmcanals entwickelt. Unsere Lunge entsteht sammt der Luftröhre und dem Kehlkopf aus der Bauchwand des Vorderdarmes. Dieser ganze grosse Athmungs-Apparat, der beim entwickelten Menschen den grössten Theil der Brusthöhle einnimmt, ist anfänglich Nichts, als ein ganz kleines und einfaches Bläschen oder Säckchen, welches unmittelbar hinter den Kiemen aus dem Darmcanal hervorwächst und bald in zwei Seitenhälften zerfällt (Fig. 284 *e*; Fig. 285 *e*; Taf. V, Fig. 13, 15, 16 *lu*). Dieses Bläschen findet sich bei allen Wirbelthieren wieder, mit Ausnahme der beiden niedersten Klassen, der Schädellosen und

---

Fig. 283. Schuppen eines Haifisches (*Centrophorus calceus*). Auf jedem rautenförmigen, in der Lederhaut liegenden Knochentäfelchen erhebt sich schräg ein dreizackiges Zähnchen. Nach GEGENBAUR.

Rundmäuler. Dasselbe entwickelt sich aber bei den niederen Wirbelthieren nicht zur Lunge, sondern zu einer ansehnlichen, mit Luft gefüllten Blase, die einen grossen Theil der Leibeshöhle einnimmt und eine ganz andere Bedeutung hat. Sie dient hier nicht zur Athmung, sondern zur verticalen Schwimmbewegung, mithin als ein **hydrostatischer Apparat**: das ist die **Schwimmblase** der Fische. Die Lunge des Menschen und aller luftathmenden Wirbelthiere entwickelt sich aber aus demselben einfachen bläschenförmigen Anhange des Vorderdarmes, welcher bei den Fischen zur Schwimmblase wird.

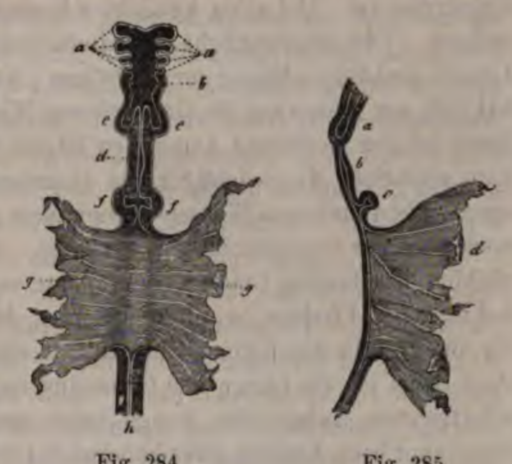


Fig. 284. Fig. 285.

Ursprünglich hat diese Blase gar keine respiratorischen Functionen, sondern dient nur als hydrostatischer Apparat, um das specifische Gewicht des Körpers zu vermehren oder zu vermindern. Die Fische, welche eine entwickelte Schwimmblase besitzen, können dieselbe zusammenpressen und dadurch die darin enthaltene Luft bedeutend verdichten. Die Luft entweicht auch bisweilen aus dem Darmcanal durch einen Luftgang, welcher die Schwimmblase mit dem Schlund verbindet und wird durch den Mund ausgestossen. Dadurch wird der Umfang der Schwimmblase verkleinert, der Fisch wird schwerer und sinkt unter. Wenn derselbe dagegen wieder in die Höhe steigen will, so wird die Schwimmblase durch Nachlass der Compression ausgedehnt. Nun fängt schon bei den Lurchfischen oder Dipneusten dieser hydrostatische Apparat an, sich in ein Athmungs-Organ zu verwandeln, und zwar dadurch, dass die in der Wand der

---

Fig. 284. **Darm eines Hunde-Embryo** (der in Fig. 137, S. 307 dargestellt ist, nach BISCHOFF), von der Bauchseite. *a* Kiemenbogen (4 Paar). *b* Schlund- und Kehlkopf-Anlage. *c* Lungen. *d* Magen. *f* Leber. *g* Wände des geöffneten Dottersackes (in den der Mitteldarm mit weiter Oeffnung mündet). *h* Enddarm.

Fig. 285. **Derselbe Darm** von der rechten Seite gesehen. *a* Lungen. *b* Magen. *c* Leber. *d* Dottersack. *e* Enddarm.

Schwimmblase verlaufenden Blutgefässe nicht bloss mehr Luft absondern, sondern auch frische Luft aufnehmen, die durch den Luftgang eingetreten ist. Bei allen Amphibien kommt dieser Process zur Vollendung. Die ursprüngliche Schwimmblase wird hier allgemein zur Lunge, und ihr Luftgang zur Luftröhre. Die Lunge der Amphibien hat sich von diesen auf die drei höheren Wirbelthier-Klassen vererbt. Auch bei den niedersten Amphibien ist die Lunge jederseits noch ein ganz einfacher, durchsichtiger und dünnwandiger Sack, so z. B. bei unseren gewöhnlichen Wasser-Salamandern, den Tritonen. Sie gleicht noch ganz der Schwimmblase der Fische. Allerdings haben die Amphibien bereits zwei Lungen, eine rechte und eine linke. Aber auch bei manchen Fischen (bei alten Ganoiden) ist die Schwimmblase paarig und zerfällt durch einen Einschnitt in eine rechte und linke Hälfte. Anderseits ist die Lunge des Ceratodus unpaar (S. 471). Auch die allerfrüheste Anlage der Lunge beim menschlichen Embryo, wie überhaupt beim Embryo aller höheren Wirbelthiere, ist ein einfaches, unpaares Bläschen, und theilt sich erst nachträglich in zwei paarige Hälften, eine rechte und eine linke Lunge. Späterhin wachsen beide Bläschen bedeutend, füllen die Brusthöhle grösstentheils aus und nehmen das Herz zwischen sich. Schon bei den Fröschen finden wir, dass sich der einfache Sack durch weitere Ausbildung in einen schwammigen Körper von eigenthümlichem schaumigen Gewebe verwandelt hat. Dieses Lungengewebe entwickelt sich nach Art einer baumförmig verzweigten traubigen Drüse. Die ursprünglich ganz kurze Verbindungsstelle des Lungensäckchens mit dem Vorderdarm dehnt sich durch einfaches Wachsthum zu einem langen dünnen Rohre aus. Dieses Rohr ist die Luftröhre: sie mündet oben in den Schlund und theilt sich unten in zwei Aeste, die in die beiden Lungen hineinführen. In der Wand der Luftröhre entwickeln sich ringförmige Knorpel, welche dieselbe ausgespannt erhalten. Am oberen Ende derselben, unterhalb ihrer Einmündung in den Schlund, entwickelt sich der Kehlkopf, das Organ der Stimme und Sprache. Der Kehlkopf kommt schon bei den Amphibien auf sehr verschiedenen Stufen der Ausbildung vor, und die vergleichende Anatomie ist im Stande, stufenweise die fortschreitende Entwickelung dieses wichtigen Organes von der ganz einfachen Anlage bei den niederen Amphibien bis zu dem verwickelten und subtilen Stimm-Apparat zu verfolgen, welchen der Kehlkopf bei den Vögeln und Säugethieren darstellt.

So mannichfaltig nun auch diese Organe der Stimme, der Sprache und der Luftathmung bei den verschiedenen höheren Wirbelthieren

sich gestalten, so gehen sie doch alle aus derselben einfachen ursprünglichen Anlage hervor, aus einem Bläschen, das aus der Wand des Vorderdarmes hervorwächst. Somit haben Sie sich jetzt von der interessanten Thatsache überzeugt, dass aus dem vorderen Abschnitte des Darmcanales die beiderlei Respirations-Apparate der Wirbelthiere sich entwickeln, nämlich erstens der primäre, ältere Wasserathmungs-Apparat, der Kiemenkorb, welcher bei den drei höheren Wirbelthierklassen völlig verloren geht; und zweitens der secundäre, jüngere Luftathmungs-Apparat, der bei den Fischen nur als Schwimmblase und erst von den Dipneusten aufwärts als Lunge fungirt.

Als ein interessantes rudimentäres Organ des Athmungs-Darmes müssen wir hier beiläufig noch die Schilddrüse (*Thyreoidea*) erwähnen, jene grosse, vorn vor dem Kehlkopfe sitzende Drüse, welche unterhalb des sogenannten »Adamsapfels« liegt und besonders beim männlichen Geschlecht oft stark hervortritt. Sie entsteht beim Embryo durch Abschnürung der unteren Wand des Schlundes. Irgend welchen Nutzen für den Menschen besitzt diese Schilddrüse durchaus nicht: sie ist nur insofern von ästhetischem Interesse, als sie in manchen Gebirgsgegenden sehr zu krankhafter Vergrösserung geneigt ist und dann den vorn am Halse herabhängenden Kropf (»Struma«) bildet. Viel grösser ist aber ihr dysteleologisches Interesse. Denn wie WILHELM MÜLLER in Jena gezeigt hat, ist dieses unnütze und hässliche Organ das letzte Ueberbleibsel jener früher von uns betrachteten »Hypobranchial-Rinne«, welche bei den Ascidien und beim Amphioxus unten in der Mittellinie des Kiemenkorbes verläuft und hier für die Zuführung der Nahrung zum Magen sehr bedeutungsvoll ist (S. 337: Taf. XI, Fig. 14—16 *y*).[189]

Nicht minder bedeutende Umbildungen als der erste Hauptabschnitt des Darmrohres, der Kiemendarm oder Athmungsdarm, erfährt der zweite Hauptabschnitt, der Magendarm oder Verdauungsdarm. Wenn wir jetzt diesen verdauenden oder digestiven Theil des Darmrohrs in seiner Entwickelung weiter verfolgen, so finden wir abermals, dass aus einer ursprünglich sehr einfachen Anlage schliesslich sehr verwickelte und mannichfach zusammengesetzte Organe hervorgehen. Der besseren Uebersicht halber können wir den Verdauungsdarm in drei verschiedene Abschnitte theilen: den Vorderdarm (mit Speiseröhre und Magen), den Mitteldarm (Gallendarm mit Leber und Pankreas, Leerdarm und Krummdarm) und den Hinterdarm (Dickdarm und Mastdarm). Auch hier wieder begegnen wir blasenförmigen Ausstülpungen oder Anhängen des ursprünglich einfachen

Darmrohres, die in sehr verschiedene Theile sich umbilden. Zwei von diesen Anhängen kennen Sie bereits: den Dottersack, der aus der Mitte des Darmrohres hervorhängt (Fig. 286 *c*), und die Allantois,

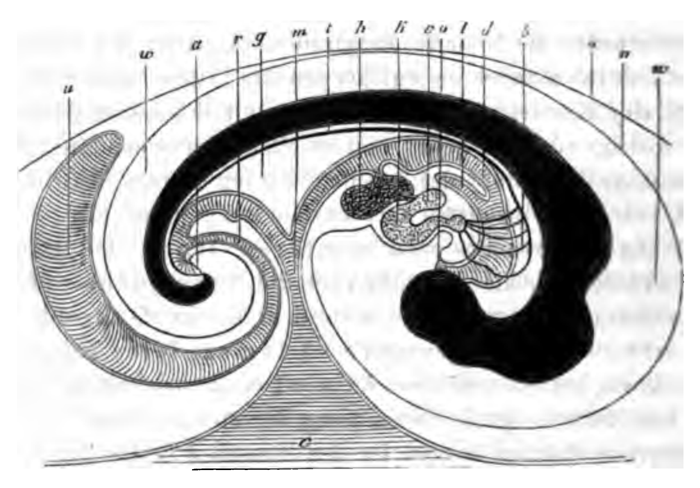


Fig. 286.

welche als eine mächtige sackförmige Ausstülpung aus der hinteren Abtheilung des Beckendarmes hervorwächst (u). Als Ausstülpungen aus dem mittleren Theile des Darmes entstehen die beiden grossen Drüsen, welche in das Duodenum einmünden, Leber *h* und Bauchspeicheldrüse.

Unmittelbar hinter der bläschenförmigen Anlage der Lungen (Fig. 286 *l*) folgt derjenige Abschnitt des Darmrohrs, welcher den wichtigsten Theil des Verdauungs-Apparates, nämlich den **Magen**, bildet (Fig. 284 *d*, 285 *b*). Dieses sackförmige Organ, in welchem vorzugsweise die Auflösung und Verdauung der Speisen erfolgt, ist bei den niederen Wirbelthieren nicht von der zusammengesetzten Beschaffenheit wie bei den höheren. So erscheint derselbe z. B. bei vielen Fischen als eine ganz einfache spindelförmige Erweiterung im Anfang des digestiven Darmabschnittes, der in der Mittelebene des Körpers unterhalb der Wirbelsäule ganz gerade von vorn nach hinten läuft. Bei den Säugethieren ist die Anlage auch so einfach, wie sie hier

---

Fig. 286. Längsschnitt durch den Embryo eines Hühnchens (vom fünften Tage der Bebrütung). *d* Darm. *o* Mund. *a* After. *l* Lunge. *h* Leber. *g* Gekröse. *v* Herzvorkammer. *k* Herzkammer. *b* Arterienbogen. *t* Aorta. *c* Dottersack. *m* Dottergang. *u* Allantois. *r* Stiel der Allantois. *n* Amnion. *w* Amnionhöhle. *s* Seröse Hülle. (Nach BAER.)

zeitlebens bleibt. Allein sehr bald beginnen die verschiedenen Theile des Magensackes sich ungleichmässig zu entwickeln. Indem die linke Seite des spindelförmigen Schlauches viel stärker wächst als die rechte und indem gleichzeitig eine bedeutende Axendrehung desselben erfolgt, erhält er bald eine schräge Lage. Das obere Ende kommt mehr nach links und das untere mehr nach rechts zu liegen. Das vorderste Ende zieht sich in den längeren und engeren Canal der Speiseröhre aus. Unterhalb der letzteren buchtet sich links der Blindsack des Magens (der Fundus) aus, und so entwickelt sich allmählich die spätere Form des Magens (Fig. 287 *e*; Fig. 275, S. 629). Die ursprünglich longitudinale Axe steigt schräg von oben und links nach unten und rechts herab und nähert sich immer mehr der transversalen Richtung. In der äusseren Schicht der Magenwand entwickeln sich aus dem Darmfaserblatte die mächtigen Muskeln, welche die kräftigen Verdauungs-Bewegungen des Magens vermitteln. In der inneren Schicht hingegen bilden sich aus dem Darmdrüsenblatte zahllose kleine Drüsen. Das sind die Labdrüsen, welche den wichtigsten Verdauungssaft, den Magensaft oder Labsaft liefern. Am unteren Ende des Magenschlauchs entsteht der Klappenverschluss, welcher als »Pförtner« (Pylorus) denselben vom Dünndarm trennt (Fig. 275 *d*).



Fig. 287.

Unterhalb des Magens entwickelt sich nun die unverhältnissmässig lange Strecke des Mitteldarms oder des eigentlichen Dünn-

---

Fig. 287. Menschlicher Embryo, fünf Wochen alt, von der Bauchseite, geöffnet (vergrössert). Brustwand, Bauchwand und Leber sind entfernt. 3 Aeusserer Nasenfortsatz. 4 Oberkiefer. 5 Unterkiefer. *z* Zunge. *v* Rechte, *v'* linke Herzkammer. *o'* Linke Herzvorkammer. *b* Ursprung der Aorta. *b' b'' b'''* Erster, zweiter, dritter Aortenbogen. *c c' c''* Hohlvenen. *ae* Lungen (*y* Lungenarterien). *e* Magen. *m* Urnieren. (*j* Linke Dottervene. *s* Pfortader. *a* rechte Dotterarterie. *n* Nabelarterie. *u* Nabelvene.) *x* Dottergang. *i* Enddarm. 8 Schwanz. 9 Vorderbein. 9' Hinterbein. (Nach Coste.)

darms. Die Entwickelung dieses Abschnittes ist sehr einfach und beruht im Wesentlichen auf einem sehr raschen und beträchtlichen Längenwachsthum. Ursprünglich ist derselbe sehr kurz, ganz gerade und einfach. Aber gleich hinter dem Magen tritt schon sehr frühzeitig eine hufeisenförmige Krümmung und Schlingenbildung des Darmcanals auf, im Zusammenhang mit der Abschnürung des Darmrohres vom Dottersack und mit der Entwickelung des ersten Gekröses oder des Mesenterium. (Vergl. Taf. V, Fig. 14*g* und Fig. 136, S. 306.) Wie ein kleiner Nabelbruch tritt aus der Bauchöffnung des Embryo, vor Schliessung der Bauchwand, eine hufeisenförmige Darmschlinge hervor (Fig. 136*m*), in deren Wölbung der Dottersack oder die Nabelblase einmündet (*n*). Die zarte dünne Haut, welche diese Darmschlinge an der Bauchseite der Wirbelsäule befestigt und die innere Krümmung der hufeisenförmigen Windung ausfüllt, ist die erste Anlage des Gekröses (Fig. 286*g*). Die am weitesten vorspringende Stelle der Schlinge, in welche der Dottersack einmündet (Fig. 287*x*) und die sich später durch den Darmnabel verschliesst, entspricht dem Theile des späteren Dünndarms, den man Krummdarm (Ileum) nennt. Schon frühzeitig macht sich ein sehr bedeutendes Wachsthum des Dünndarms bemerkbar; derselbe wird dadurch genöthigt, sich in viele Schlingen zusammenzulegen. In sehr einfacher Weise differenziren sich später die einzelnen Abschnitte, welche hier noch zu unterscheiden sind: der dem Magen zunächst liegende Gallendarm (Duodenum), der lange darauf folgende Leerdarm (Jejunum) und der letzte Abschnitt des Dünndarms, der Krummdarm (Ileum).

Aus dem Gallendarm oder Duodenum wachsen als Ausstülpungen die beiden grossen Drüsen hervor, welche wir vorhin nannten: die Leber und die Bauchspeicheldrüse. Die Leber erscheint zuerst in Form von zwei kleinen Säckchen, welche rechts und links gleich hinter dem Magen hervortreten (Fig. 284*f*, 285*c*). Bei vielen niederen Wirbelthieren bleiben anfänglich beide Lebern lange Zeit (bei den Myxinoiden sogar zeitlebens) ganz getrennt und verwachsen nur unvollständig. Bei den höheren Wirbelthieren hingegen verwachsen bald beide Lebern mehr oder weniger vollständig zu einem unpaaren grossen Organ. Das Darmdrüsenblatt, welches die hohlen schlauchförmigen Anlagen der Leber auskleidet, treibt eine Masse von verästelten Sprossen in das umhüllende Darmfaserblatt hinein. Indem diese soliden Sprossen (Reihen von Drüsenzellen) sich weiter noch vielfach verzweigen und indem ihre Zweige sich verbinden, entsteht das eigenthümliche netzförmige Gefüge der ausgebildeten Leber. Die

Leberzellen, als die secernirenden Organe, welche die Galle bilden, sind alle aus dem Darmdrüsenblatte hervorgegangen. Die bindegewebige Fasermasse hingegen, welches dieses gewaltige Zellennetz zu einem grossen compacten Organe verbindet und das Ganze umhüllt, entsteht aus dem Darmfaserblatte. Von diesem letzteren stammen auch die mächtigen Blutgefässe, welche die ganze Leber durchziehen, und deren zahllose, netzförmig verbundene Aeste sich mit dem Netzwerk der Leberzellen-Balken durchflechten. Die Gallen-Canäle, welche die ganze Leber durchziehen und die Galle sammeln und in den Darm abführen, entstehen als Intercellular-Gänge in der Axe der soliden Zellenstränge. Sie münden sämmtlich in die beiden primitiven Hauptgallengänge ein, welche aus der Basis der beiden ursprünglichen Darmausstülpungen entstehen. Beim Menschen und vielen anderen Wirbelthieren vereinigen sich die letzteren später zu einem einfachen Gallengang, der an der inneren Seite in den absteigenden Theil des Gallendarms einmündet. Die Gallenblase entsteht als eine hohle Ausstülpung aus dem rechten ursprünglichen Lebergange. Das Wachsthum der Leber ist anfangs äusserst lebhaft. Beim menschlichen Embryo erreicht dieselbe schon im zweiten Monate der Entwickelung einen so bedeutenden Umfang, dass sie im dritten Monate den bei weitem grössten Theil der Leibeshöhle ausfüllt (Fig. 288). Anfänglich sind beide Hälften gleich stark entwickelt; später bleibt die linke bedeutend hinter der rechten zurück. In Folge der unsymmetrischen Entwickelung und Drehung des Magens und anderer Bauch-Eingeweide wird nachher die ganze Leber auf die rechte Seite hinübergedrängt. Obgleich das Wachsthum der Leber später nicht mehr so unverhältnissmässig, so ist sie doch auch am Ende der Schwangerschaft beim Embryo relativ viel grösser als beim Erwachsenen. Ihr Gewicht verhält sich zu dem des ganzen Körpers bei letzterem = 1 : 36, bei ersterem = 1 : 18. Ihre physiologische Bedeutung während des embryonalen Lebens, die



Fig. 288.

Fig. 288. Brust- und Bauch-Eingeweide eines menschlichen Embryo von zwölf Wochen, in natürlicher Grösse, nach Koelliker. Der Kopf ist weggelassen; Brustwand und Bauchwand sind fortgenommen. Der grösste Theil der Bauchhöhle wird von der Leber erfüllt, aus deren mittlerem Einschnitt der Blinddarm (v) mit dem Wurmfortsatz hervorragt. Oberhalb des Zwerchfells ist in der Mitte das Herz, rechts und links davon die kleinen Lungen sichtbar.

demgemäss sehr gross ist, besteht vorzüglich in ihrem Antheil an der Blutbildung, weniger in der Gallenabsonderung.

Unmittelbar hinter der Leber wächst aus dem Gallendarm eine zweite grosse Darmdrüse hervor, die **Bauchspeicheldrüse** oder das **Pancreas**. Auch dieses Organ, welches nur die Schädelthiere besitzen, entsteht als eine hohle sackförmige Ausbildung der Darmwand. Das Darmdrüsenblatt derselben treibt solide verästelte Sprossen, welche nachträglich hohl werden. Ganz ähnlich wie die Speicheldrüsen der Mundhöhle entwickelt sich so auch die Bauchspeicheldrüse zu einer grossen und sehr zusammengesetzten traubenförmigen Drüse. Der Ausführgang derselben, welcher den Bauchspeichel in den Gallendarm leitet (*Ductus pancreaticus*), scheint ursprünglich einfach und unpaar zu sein. Später ist er oft doppelt.

Der letzte Abschnitt des Darmrohres, der **Enddarm** oder Dickdarm (*Epigaster*) ist anfangs beim Embryo der Säugethiere ein ganz einfaches, kurzes und gerades Rohr, welches hinten durch den After mündet. Bei den niederen Wirbelthieren bleibt er so zeitlebens. Bei den Säugethieren hingegen wächst er beträchtlich, legt sich in Windungen zusammen und sondert sich in verschiedene Abschnitte, von denen der vordere längere als **Grimmdarm** (*Colon*), der hintere kürzere als **Mastdarm** (*Rectum*) bezeichnet wird. Am Anfange des ersteren bildet sich eine Klappe (*Valvula Bauhini*), welche den Dickdarm vom Dünndarm trennt. Gleich dahinter entsteht eine taschenförmige Ausstülpung, welche sich zum **Blinddarm** (*Coecum*) erweitert (Fig. 288 *c*). Bei den pflanzenfressenden Säugethieren wird dieser sehr gross, während er bei den fleischfressenden sehr klein bleibt oder ganz verkümmert. Beim Menschen, wie bei den meisten Affen, wird bloss das Anfangsstück des Blinddarms weit; das blinde Endstück bleibt sehr eng und erscheint später bloss als ein unnützer Anhang des ersteren. Dieser »**wurmförmige Anhang**« (*Appendix vermiformis*) ist als rudimentäres Organ für die **Dysteleologie** von Interesse. Seine einzige Bedeutung für den Menschen besteht darin, dass bisweilen ein Rosinenkern oder ein anderes hartes und unverdauliches Speisetheilchen in seiner engen Höhle stecken bleibt und durch Entzündung und Vereiterung desselben den Tod sonst ganz gesunder Menschen herbeiführt. Bei unseren pflanzenfressenden Vorfahren war dieses rudimentäre Organ grösser und besass physiologischen Werth.

Als eine wichtige Anhangsbildung des Darmrohres ist schliesslich die **Harnblase** und Harnröhre zu erwähnen, welche ihrer Entwickelung und also auch ihrem morphologischen Werthe nach zum Darm-

System gehören. Diese Harnorgane, welche als Behälter und Ausflussröhren für den von den Nieren abgeschiedenen Harn dienen, entstehen aus dem innersten Theile des Allantois-Stieles. Die Allantois wächst als eine sackförmige Ausbuchtung aus der Vorderwand des letzten Darmabschnittes hervor (Fig. 286 *u*). Bei den Dipneusten und Amphibien, wo dieser Blindsack zuerst auftritt, bleibt er innerhalb der Leibeshöhle und fungirt ganz als Harnblase. Bei den sämmtlichen Amnioten hingegen wächst er weit aus der Leibeshöhle des Embryo hervor und bildet den grossen embryonalen »**Urharnsack**«, aus dem bei den höheren Säugethieren die **Placenta** entsteht. Bei der Geburt geht diese verloren. Aber der lange Stiel der Allantois (*r*) bleibt bestehen und bildet mit seinem oberen Theile das mittlere Harnblasen-Nabelband (*Ligamentum vesico-umbilicale medium*), ein rudimentäres Organ, welches als solider Strang vom Harnblasen-Scheitel zum Nabel hinaufgeht. Der unterste Theil des Allantois-Stieles (oder des »*Urachus*«) bleibt hohl und bildet die **Harnblase**. Anfangs mündet diese beim Menschen wie bei den niederen Wirbelthieren noch in den letzten Abschnitt des Hinterdarms ein und es ist also eine wirkliche »Kloake« vorhanden, welche Harn und Excremente zugleich aufnimmt. Diese **Kloake** bleibt aber unter den Säugethieren nur bei den Kloakenthieren oder **Monotremen** zeitlebens bestehen, wie bei allen Vögeln, Reptilien und Amphibien. Bei den sämmtlichen übrigen Säugethieren (Beutelthieren und Placentalthieren) bildet sich später eine quere Scheidewand aus, welche die vorn gelegene »Harngeschlechtsöffnung« von der dahinter gelegenen Afteröffnung trennt. (Vergl. den XXV. Vortrag.)

Erklärung von Tafel I (Titelbild).

Entwickelungsgeschichte des Gesichts.

Die zwölf Figuren der Taf. I stellen das Gesicht von vier verschiedenen Säugethieren auf drei verschiedenen Stufen der individuellen Entwickelung dar, und zwar MI—MIII vom Menschen, FI—FIII von der Fledermaus, KI—KIII von der Katze und SI—SIII vom Schafe. Die drei verschiedenen Entwickelungsstufen sind bei allen vier Säugethieren möglichst entsprechend gewählt, auf ungefähr gleiche Grösse reducirt und von vorn gesehen. Die Buchstaben bedeuten in allen Figuren dasselbe und zwar: *a* Auge. *v* Vorderhirn. *m* Mittelhirn. *s* Stirnfortsatz. *k* Nasendach. *o* Oberkieferfortsatz (des ersten Kiemenbogens). *u* Unterkieferfortsatz (des ersten Kiemenbogens). *h* zweiter Kiemenbogen. *d* dritter Kiemenbogen. *r* vierter Kiemenbogen. *g* Gehörspalte (Rest der ersten Kiemenspalte). *z* Zunge. (Vergl. Taf. VI und VII, Fig. 232—236, S. 570; und S. 614; sowie Fig. 123, 124, S. 318).

Siebenunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Darmsystems.

I. Erste Periode: **Gastraeaden-Darm** (Fig. 274—277; Taf. V, Fig. 9, 10).

Das ganze Darmsystem ist ein einfacher Schlauch (**Urdarm**), dessen einfache Höhle durch eine Oeffnung (Urmund) nach aussen mündet.

II. Zweite Periode: **Scoleciden-Darm** (Taf V, Fig. 11).

Das einfache Darmrohr erweitert sich in der Mitte zum Magen und erhält an dem hinteren, dem Urmunde entgegengesetzten Ende eine zweite Oeffnung (primitiver After); wie bei den niederen Würmern.

III. Dritte Periode: **Chordonier-Darm** (Fig. 281; Taf. V, Fig. 12).

Das Darmrohr sondert sich in zwei Hauptabschnitte: vorn den Athmungsdarm mit Kiemenspalten (Kiemendarm); hinten den Verdauungsdarm mit der Magenhöhle (Magendarm); wie bei den Ascidien.

IV. Vierte Periode: **Acranier-Darm** (Fig. 282; Taf. XI, Fig. 15).

Zwischen den Kiemenspalten des Athmungsdarmes treten Kiemenleisten auf; aus dem Magenschlauch des Verdauungsdarmes wächst ein Leber-Blindsack hervor; wie bei dem Amphioxus.

V. Fünfte Periode: **Cyclostomen-Darm** (Taf. XI, Fig. 16).

Aus der Flimmerrinne an der Kiemenbasis (Hypobranchial-Rinne) entwickelt sich die Schilddrüse (Thyreoidea). Aus dem einfachen Leber-Blindsack entwickelt sich eine compacte Leberdrüse.

VI. Sechste Periode: **Urfisch-Darm** (S. 468).

Zwischen den Kiemenspalten treten knorpelige Kiemenbogen auf; die vordersten derselben bilden die Lippenknorpel und das Kiefergerüste (Ober- und Unterkiefer). Aus dem Schlunde wächst die Schwimmblase hervor. Neben der Leber erscheint die Bauchspeicheldrüse. (Selachier.)

VII. Siebente Periode: **Dipneusten-Darm** (S. 471).

Die Schwimmblase verwandelt sich in die Lunge. Die Mundhöhle tritt mit den Nasengruben in Verbindung. Aus dem Hinterdarm wächst die Harnblase hervor. (Lepidosiren.)

VIII. Achte Periode: **Amphibien-Darm** (S. 478).

Die Kiemenspalten verwachsen. Die Kiemen gehen verloren. Aus dem oberen Ende der Luftröhre entsteht der Kehlkopf.

IX. Neunte Periode: **Monotremen-Darm** (S. 492).

Durch das horizontale Gaumendach wird die primitive Mundnasenhöhle in untere Mundhöhle (Speiseweg) und obere Nasenhöhle (Luftweg) geschieden, wie bei allen Amnionthieren.

X. Zehnte Periode: **Marsupialien-Darm** (S. 496).

Die bisher bestehende Kloake zerfällt durch eine Scheidewand in vordere Harngeschlechtsmündung und hinteren Mastdarm-After.

XI. Elfte Periode: **Catarhinen-Darm** (S. 514).

Alle Theile des Darmsystems, und insbesondere das Gebiss, erlangen diejenige besondere Ausbildung, welche der Mensch nur mit den catarhinen Affen gemein hat.

Vierundzwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte des Gefäss-Systems.

»Die morphologische Vergleichung der vollendeten Zustände muss naturgemäss der Erforschung der frühesten Zustände vorausgehen. Nur dadurch erhält die Erforschung der Entwickelungsgeschichte eine bestimmte Orientirung; es wird ihr gleichsam das vorausschauende Auge gegeben, durch welches sie jeden Schritt des Bildungsganges in Beziehung setzen kann zu dem letzten, der erreicht werden soll. Die unvorbereitete Handhabung der Entwickelungsgeschichte tappt allzuleicht im Blinden und führt nicht selten zu den kläglichsten Resultaten, welche weit hinter dem zurückbleiben, was schon vor aller entwickelungsgeschichtlichen Untersuchung unzweifelhaft festgestellt werden konnte.«

Alexander Braun (1872).

Inhalt des vierundzwanzigsten Vortrages.

Die Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes. Die beiden Seiten desselben. Vererbung der conservativen Organe. Anpassung der progressiven Organe. Gegenseitige Ergänzung der Ontogenie und der vergleichenden Anatomie. Die neuen Entwickelungs-Theorien von His. Briefcouvert-Theorie und Höllenlappen-Theorie. Hauptkeim und Nebenkeim. Bildungsdotter und Nahrungsdotter. Phylogenetische Entstehung des letzteren aus dem Urdarm. Entstehung des Gefäss-Systems aus dem Gefässblatt oder Darmfaserblatt. Phylogenetische Bedeutung der ontogenetischen Succession der Organ-Systeme und der Gewebe. Abweichung von der ursprünglichen Reihenfolge: Ontogenetische Heterochronie. Decken-Gewebe. Binde-Gewebe. Nervenmuskel-Gewebe. Gefäss-Gewebe. Das relative Alter des Gefäss-Systems. Erste Anfänge desselben: Coeloma. Rückengefäss und Bauchgefäss der Würmer. Einfaches Herz der Ascidien. Rückbildung des Herzens beim Amphioxus. Zweikammeriges Herz der Cyclostomen. Arterienbogen der Selachier. Doppelte Vorkammer der Dipneusten und Amphibien. Doppelte Kammer der Vögel und Säugethiere. Arterienbogen der Vögel und Säugethiere. Keimesgeschichte des menschlichen Herzens. Parallelismus der Stammesgeschichte.

XXIV.

Meine Herren!

Die Anwendung, welche wir bisher in der Organogenie von unserem biogenetischen Grundgesetze gemacht haben, wird Ihnen eine Vorstellung davon gegeben haben, bis zu welchem Maasse wir uns seiner Führung bei Erforschung der Stammesgeschichte überlassen können. Dieses Maass ist bei den verschiedenen Organ-Systemen sehr verschieden; und das liegt daran, dass die Erblichkeit einerseits, die Veränderlichkeit anderseits bei den verschiedenen Organen sich sehr verschieden verhält. Während einige Körpertheile die ursprüngliche palingenetische, von den uralten Thier-Ahnen ererbte Entwickelungsweise getreu durch Vererbung conserviren und an der ererbten Keimesgeschichte zähe festhalten, zeigen andere Körpertheile umgekehrt eine sehr geringe Fähigkeit zu strenger Vererbung und sind vielmehr sehr geneigt, durch Anpassung neue, cenogenetische Entwickelungsformen anzunehmen und die ursprüngliche Ontogenese abzuändern. Jene ersteren Organe stellen in dem vielzelligen Staatskörper des menschlichen Organismus das beharrliche oder conservative, diese letzteren hingegen das veränderliche oder progressive Entwickelungs-Element dar. Aus der Wechselwirkung beider Richtungen ergiebt sich der Gang der historischen Entwickelung.

Nur bei den conservativen Organen, bei denen im Laufe der Stammesentwickelung die Vererbung das Uebergewicht über die Anpassung beibehält, können wir die Ontogenie unmittelbar auf die Phylogenie anwenden und aus der palingenetischen Umbildung der Keimformen auf die uralte Verwandlung der Stammformen zurückschliessen. Bei den progressiven Organen hingegen, bei denen die Anpassung das Uebergewicht über die Vererbung erhalten hat, ist meistens der ursprüngliche Entwickelungsgang im Laufe der Zeit so abgeändert, gefälscht und abgekürzt worden, dass wir durch die cenogenetischen Erscheinungen der Keimesgeschichte nur sehr wenig Sicheres über die Stammesgeschichte derselben erfahren. Hier muss

Inhalt des vierundzwanzigsten Vortrages.

Die Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes. Die beiden Seiten desselben. Vererbung der conservativen Organe. Anpassung der progressiven Organe. Gegenseitige Ergänzung der Ontogenie und der vergleichenden Anatomie. Die neuen Entwickelungs-Theorien von His. Briefcouvert-Theorie und Höllenlappen-Theorie. Hauptkeim und Nebenkeim. Bildungsdotter und Nahrungsdotter. Phylogenetische Entstehung des letzteren aus dem Urdarm. Entstehung des Gefäss-Systems aus dem Gefässblatt oder Darmfaserblatt. Phylogenetische Bedeutung der ontogenetischen Succession der Organ-Systeme und der Gewebe. Abweichung von der ursprünglichen Reihenfolge: Ontogenetische Heterochronie. Decken-Gewebe. Binde-Gewebe. Nervenmuskel-Gewebe. Gefäss-Gewebe. Das relative Alter des Gefäss-Systems. Erste Anfänge desselben: Coeloma. Rückengefäss und Bauchgefäss der Würmer. Einfaches Herz der Ascidien. Rückbildung des Herzens beim Amphioxus. Zweikammeriges Herz der Cyclostomen. Arterienbogen der Selachier. Doppelte Vorkammer der Dipneusten und Amphibien. Doppelte Kammer der Vögel und Säugethiere. Arterienbogen der Vögel und Säugethiere. Keimesgeschichte des menschlichen Herzens. Parallelismus der Stammesgeschichte.

XXIV.

Meine Herren!

Die Anwendung, welche wir bisher in der Organogenie von unserem biogenetischen Grundgesetze gemacht haben, wird Ihnen eine Vorstellung davon gegeben haben, bis zu welchem Maasse wir uns seiner Führung bei Erforschung der Stammesgeschichte überlassen können. Dieses Maass ist bei den verschiedenen Organ-Systemen sehr verschieden; und das liegt daran, dass die Erblichkeit einerseits, die Veränderlichkeit anderseits bei den verschiedenen Organen sich sehr verschieden verhält. Während einige Körpertheile die ursprüngliche palingenetische, von den uralten Thier-Ahnen ererbte Entwickelungsweise getreu durch Vererbung conserviren und an der ererbten Keimesgeschichte zähe festhalten, zeigen andere Körpertheile umgekehrt eine sehr geringe Fähigkeit zu strenger Vererbung und sind vielmehr sehr geneigt, durch Anpassung neue, cenogenetische Entwickelungsformen anzunehmen und die ursprüngliche Ontogenese abzuändern. Jene ersteren Organe stellen in dem vielzelligen Staatskörper des menschlichen Organismus das beharrliche oder conservative, diese letzteren hingegen das veränderliche oder progressive Entwickelungs-Element dar. Aus der Wechselwirkung beider Richtungen ergiebt sich der Gang der historischen Entwickelung.

Nur bei den conservativen Organen, bei denen im Laufe der Stammesentwickelung die Vererbung das Uebergewicht über die Anpassung beibehält, können wir die Ontogenie unmittelbar auf die Phylogenie anwenden und aus der palingenetischen Umbildung der Keimformen auf die uralte Verwandlung der Stammformen zurückschliessen. Bei den progressiven Organen hingegen, bei denen die Anpassung das Uebergewicht über die Vererbung erhalten hat, ist meistens der ursprüngliche Entwickelungsgang im Laufe der Zeit so abgeändert, gefälscht und abgekürzt worden, dass wir durch die cenogenetischen Erscheinungen der Keimesgeschichte nur sehr wenig Sicheres über die Stammesgeschichte derselben erfahren. Hier muss



uns dann die vergleichende Anatomie zu Hülfe kommen, die oft viel wichtigere und zuverlässigere Aufschlüsse über die Phylogenie ertheilt, als die Ontogenie vermag. Sie ersehen daraus, wie wichtig es für die richtige und kritische Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes ist, stets beide Seiten desselben im Auge zu behalten. Die erste Hälfte dieses fundamentalen Entwickelungsgesetzes öffnet uns die Bahn der Phylogenie, indem sie uns lehrt, aus dem Gange der Keimesgeschichte denjenigen der Stammesgeschichte annähernd zu erkennen: die Keimform wiederholt durch Vererbung die entsprechende Stammform (*Palingenesis*). Die andere Hälfte desselben schränkt aber diesen leitenden Grundsatz ein und macht uns auf die Vorsicht aufmerksam, mit welcher wir denselben anwenden müssen: sie zeigt uns, dass die ursprüngliche Wiederholung der Phylogenese durch die Ontogenese im Laufe vieler Millionen Jahre vielfach abgeändert, gefälscht und abgekürzt worden ist: die Keimform hat sich durch Anpassung von der entsprechenden Stammform entfernt (*Cenogenesis*). Je weiter diese Entfernung gegangen ist, desto mehr sind wir genöthigt, für die Erforschung der Phylogenie die Hülfe der vergleichenden Anatomie in Anspruch zu nehmen.

Bei keinem Organ-System des menschlichen Körpers ist dies vielleicht in höherem Maasse der Fall, als bei demjenigen, auf dessen Entwickelungsgeschichte wir jetzt zunächst einen Blick werfen wollen: beim Gefäss-System (Vascular- oder Circulations-Apparat). Wenn man allein aus denjenigen Erscheinungen, welche uns die individuelle Entwickelung dieses Organ-Systems beim Embryo des Menschen und anderer höherer Wirbelthiere darbietet, auf die ursprünglichen Bildungs-Verhältnisse bei unseren älteren thierischen Vorfahren schliessen wollte, so würde man zu gänzlich verfehlten Anschauungen gelangen. Durch eine Menge von einflussreichen embryonalen Anpassungen, unter denen die Ausbildung eines umfangreichen Nahrungsdotters als wichtigste betrachtet werden muss, ist der ursprüngliche Entwickelungsgang des Gefäss-Systems bei den höheren Wirbelthieren dergestalt abgeändert, gefälscht und abgekürzt worden, dass von vielen der wichtigsten phylogenetischen Verhältnisse hier Wenig oder Nichts mehr in der Keimesgeschichte erhalten ist. Wir würden vor der Erklärung der letzteren hülflos und rathlos dastehen, wenn uns nicht die vergleichende Anatomie zu Hülfe käme und in der klarsten Weise den richtigen Weg zur wahren Stammesgeschichte zeigte.

Gerade für die Erkenntniss des Gefäss-Systems ist daher die vergleichende Anatomie (ebenso wie für diejenige des Skelet-Systems) von solcher Bedeutung, dass man ohne ihre Leitung keinen einzigen sicheren Schritt in diesem schwierigen Gebiete thun kann. In positiver Weise werden Sie diese Behauptung bestätigt finden, wenn Sie durch das Studium der classischen Arbeiten von JOHANNES MÜLLER, HEINRICH RATHKE und CARL GEGENBAUR das Verständniss des verwickelten Gefäss-Systems zu gewinnen suchen. In negativer Weise wird dieselbe Behauptung nicht minder durch die ontogenetischen Arbeiten von WILHELM HIS bewiesen, eines Leipziger Embryologen, der keine Ahnung von vergleichender Anatomie und demgemäss auch von Phylogenie besitzt. Im Jahre 1868 veröffentlichte dieser fleissige, aber kritiklose Arbeiter umfangreiche »Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes«, welche zu den wunderlichsten Erzeugnissen der ganzen ontogenetischen Literatur gehören. Indem der Verfasser glaubt, durch die genaueste Beschreibung der Keimesgeschichte des Hühnchens allein, ohne jede Rücksicht auf vergleichende Anatomie und Phylogenie, zu einer »mechanischen« Entwickelungs-Theorie gelangen zu können, geräth er auf Irrwege, die in der gesammten, an solchen doch leider nicht armen, biologischen Literatur ihres Gleichen suchen. Nur in der grossartigen Keimesgeschichte der Unke von ALEXANDER GOETTE tritt der unbegreifliche Unsinn und die Verhöhnung jedes vernünftigen Causal-Zusammenhanges der Entwickelung noch weit nackter und abschreckender zu Tage (Vergl. S. 53, 54). Als Endresultat seiner Untersuchungen verkündet HIS, »dass ein verhältnissmässig einfaches Wachsthumsgesetz das einzig Wesentliche bei der ersten Entwickelung ist. Alle Formung, bestehe sie in Blätterspaltung, in Faltenbildung oder in vollständiger Abgliederung, geht als eine Folge aus jenem Grundgesetz hervor.« Leider sagt uns der Autor nur nicht, worin dieses allumfassende »Wachsthumsgesetz« denn eigentlich besteht: ebenso wenig als andere Gegner der Selections-Theorie, die an deren Stelle ein grosses »Entwickelungsgesetz« annehmen, uns von der Natur desselben irgend etwas zu sagen wissen. Hingegen lässt sich aus dem Studium der ontogenetischen Arbeiten von HIS bald erkennen, dass in seiner Vorstellung die bildende »Mutter Natur« weiter Nichts als eine geschickte Kleidermacherin ist. Durch verschiedenartiges Zuschneiden der Keimblätter, Krümmen und Falten, Zerren und Spalten derselben, gelingt es der genialen Schneiderin leicht, alle die mannichfaltigen Formen der Thierarten

durch »Entwickelung« (!) zu Stande zu bringen. Vor Allem spielen die Krümmungen und Faltungen die wichtigste Rolle. »Nicht nur die Abgrenzung von Kopf und Rumpf, von rechts und links, von Stamm und Peripherie, nein auch die Anlage der Gliedmaassen, sowie die Gliederung des Gehirns, der Sinnesorgane, der primitiven Wirbelsäule, des Herzens und der zuerst auftretenden Eingeweide lassen sich mit zwingender Nothwendigkeit (!) als mechanische Folgen der ersten Faltenentwickelung demonstriren!« Am possirlichsten ist, wie die Schneiderin bei Fabrication der zwei paar Gliedmaassen verfährt: »Ihre Anlage wird, den vier Ecken eines Briefes ähnlich, durch die Kreuzung von vier, den Körper angrenzenden Falten bestimmt.« Doch wird diese herrliche »Briefcouvert-Theorie« der Wirbelthier-Beine noch übertroffen durch die »Höllenlappen-Theorie«, welche His von der Entstehung der rudimentären Organe giebt: »Organe, denen wie der Hypophysis und der Schilddrüse bis jetzt keine physiologische Rolle sich hat zutheilen lassen: es sind embryonale Residuen, den Abfällen vergleichbar, welche beim Zuschneiden eines Kleides auch bei der sparsamsten Verwendung des Stoffes sich nicht völlig vermeiden lassen (!).« Hier wirft also die schneidernde Natur die überflüssigen Gewebslappen einfach hinter den Ofen, in die »Hölle«! Hätten unsere schädellosen Ahnen in der Silurzeit von solchen Verstandes-Verirrungen ihrer grübelnden Menschen-Epigonen eine Ahnung gehabt, sie hätten gewiss lieber auf den Besitz der Flimmerrinne am Kiemenkorbe ganz verzichtet, statt sie auf den heutigen Amphioxus zu vererben und als letzten Rest derselben uns das eben so hässliche als unnütze Geschenk der Schilddrüse zu hinterlassen (vergl. S. 643).

Sie werden wahrscheinlich denken, dass die ontogenetischen »Entdeckungen« von His, die durch den beigegebenen Aufwand mathematischer Berechnungen in doppelt komischem Lichte erscheinen, in den urtheilsfähigen Kreisen der Fachgenossen nur eine vorübergehende Erheiterung hervorgerufen haben. Weit gefehlt! Nicht allein sind dieselben sofort nach ihrem Erscheinen vielfach als der Beginn einer »mechanischen« neuen Aera in der Ontogenie gepriesen worden; sondern auch jetzt noch können Sie zahlreiche Bewunderer derselben finden, und Nacharbeiter, die aus den von His betretenen Irrwegen möglichst breit getretene Wege der Wissenschaft zu machen suchen. Gerade deshalb fühlte ich mich verpflichtet, Sie auf das völlig Verfehlte derselben ausdrücklich hinzuweisen. Besondere Veranlassung dazu bietet uns das Gefäss-System. Denn als einen der

wichtigsten Fortschritte, die HIS durch seine neue Auffassung der Keimesgeschichte herbeiführen will, betrachtet er seine Erkenntniss, dass »das Blut und die Gewebe der Bindesubstanz« (also der grösste Theil des Gefäss-Systems) nicht aus den beiden primären Keimblättern hervorgehen, wie alle übrigen Organe; sondern vielmehr »aus den Elementen des weissen Dotters«. Dieser letztere wird als »Nebenkeim oder Parablast« bezeichnet, im Gegensatz zu dem »Hauptkeim oder Archiblast« (der aus den beiden primären Keimblättern zusammengesetzten Keimscheibe).

Diese ganze künstliche Entwickelungs-Theorie von HIS und vor Allem der unnatürliche Gegensatz vom Hauptkeim und Nebenkeim, fällt wie ein Kartenhaus zusammen, sobald man die Anatomie und Ontogenie des Amphioxus betrachtet, jenes unschätzbaren niedersten Wirbelthieres, das allein im Stande ist, uns über die schwierigsten und dunkelsten Entwickelungs-Verhältnisse der höheren Wirbelthiere und also auch des Menschen, aufzuklären. Die Gastrula des Amphioxus wirft für sich allein schon jene ganze künstliche Theorie über den Haufen. Denn diese Gastrula lehrt uns, dass alle verschiedenen Organe und Gewebe des ausgebildeten Wirbelthieres ursprünglich sich einzig und allein aus den beiden primären Keimblättern entwickelt haben. Der entwickelte Amphioxus besitzt ein differenzirtes Gefäss-System und ein im ganzen Körper ausgebreitetes Gerüste von »Geweben der Bindesubstanz«, so gut wie alle anderen Wirbelthiere; und doch ist ein »Nebenkeim«, aus dem diese Gewebe im Gegensatz zu den übrigen hervorgehen sollen, hier überhaupt gar nicht vorhanden!

Die aus der ursprünglichen Archigastrula enstehende Larve des Amphioxus wirft aber auch in ihrer weiteren Entwickelung die wichtigsten Streiflichter auf die schwierige Entwickelungsgeschichte des Gefäss-Systems. Sie beantwortet uns zunächst die früher schon mehrfach hervorgehobene, hochwichtige Frage von der Entstehung der vier secundären Keimblätter: sie zeigt uns klar, dass das Hautfaserblatt aus dem Exoderm, das Darmfaserblatt hingegen in analoger Weise aus dem Entoderm der Gastrula entsteht; der dabei zwischen beiden Faserblättern auftretende Hohlraum ist die erste Anlage der Leibeshöhle oder des Coeloms (Fig. 50, 51; S. 190). Indem die Amphioxus-Larve dergestalt beweist, dass die Blätterspaltung bei den niedersten Wirbelthieren dieselbe wie bei den Würmern ist, stellt sie zugleich die phylogenetische Verbindung zwischen den Würmern und den höheren Wirbelthieren her. Indem

ferner die primitiven Gefässstämme beim Amphioxus in der Darmwand selbst entstehen und hier ebenso wie bei den Embryonen der übrigen Wirbelthiere aus dem Darmfaserblatte hervorgehen, überzeugen wir uns, dass das letztere mit Recht schon von den früheren Embryologen als Gefässblatt bezeichnet worden ist. Wir überzeugen uns endlich durch die vergleichende Ontogenie der verschiedenen Wirbelthier-Klassen davon, dass das Gefässblatt ursprünglich dasselbe ist.

Das Gefäss-System stellt beim Menschen, wie bei allen Schädelthieren, einen verwickelten Apparat von Hohlräumen dar, die mit Säften oder zellenhaltigen Flüssigkeiten erfüllt sind. Diese »Gefässe« spielen eine wichtige Rolle bei der Ernährung des Körpers. Theils führen sie die ernährende Blutflüssigkeit in den verschiedenen Körpertheilen umher (Blutgefässe); theils sammeln sie die verbrauchten Säfte und führen sie aus den Geweben fort (Lymphgefässe). Mit diesen letzteren stehen auch die grossen »serösen Höhlen« des Körpers in Zusammenhang, vor allen die Leibeshöhle oder das Coelom. Als Bewegungs-Centrum für den regelmässigen Umlauf der Säfte fungirt das Herz, ein starker Muskelschlauch, der sich regelmässig pulsirend zusammenzieht, und gleich einem Pumpwerk mit Klappen-Ventilen ausgestattet ist. Durch diesen beständigen und regelmässigen Kreislauf des Blutes wird allein der complicirte Stoffwechsel der höheren Thiere ermöglicht.

So gross nun auch die Bedeutung des Gefäss-Systems für den höher entwickelten und stark differenzirten Thierkörper ist, so stellt dasselbe doch keineswegs einen so unentbehrlichen Apparat des Thierlebens dar, wie gewöhnlich angenommen wird. Die ältere Medicin betrachtete das Blut als die eigentliche Lebensquelle und die »Humoral-Pathologie« leitete die meisten Krankheiten von »verdorbener Blutmischung« ab. Ebenso spielt in den heute noch herrschenden dunkeln Vorstellungen von der Vererbung das Blut die erste Rolle. Wie man allgemein von Vollblut, Halbblut u. s. w. spricht, so ist auch die Meinung allgemein verbreitet, dass die erbliche Uebertragung bestimmter morphologischer und physiologischer Eigenthümlichkeiten von den Eltern auf die Kinder »im Blute liegt«. Dass diese üblichen Vorstellungen vollkommen falsch sind, können Sie schon daraus ermessen, dass weder bei dem Zeugungs-Acte das Blut der Eltern auf den erzeugten Keim unmittelbar übertragen wird, noch auch der Embryo frühzeitig in den Besitz des Blutes gelangt. Sie wissen bereits, dass nicht allein die Sonderung der vier secundären Keim-

blätter, sondern auch die Anlage der wichtigsten Organe beim Embryo aller Wirbelthiere bereits stattgefunden hat, ehe die Anlage des Gefäss-Systems, des Herzens und des Blutes erfolgt. Dieser ontogenetischen Thatsache entsprechend, müssen wir das Gefäss-System von phylogenetischem Gesichtspunkte aus zu den jüngsten, wie umgekehrt das Darmsystem zu den ältesten Einrichtungen des Thierkörpers rechnen. Jedenfalls ist das Gefäss-System erst viel später als das Darm-System entstanden.

Wenn man nämlich das biogenetische Grundgesetz richtig würdigt, so kann man aus der ontogenetischen Reihenfolge, in welcher die verschiedenen Organe des Thierkörpers beim Embryo nach einander auftreten, einen annähernden Schluss auf die phylogenetische Reihenfolge ziehen, in welcher dieselben Organe in der Ahnenreihe der Thiere stufenweise nach einander sich entwickelt haben. Ich habe in meiner Gastraea-Theorie einen ersten Versuch gemacht, in dieser Weise »die phylogenetische Bedeutung der ontogenetischen Succession der Organ-Systeme« festzustellen. Jedoch ist zu bemerken, dass diese Succession bei den höheren Thierstämmen nicht überall genau dieselbe ist. Bei den Wirbelthieren, und also auch bei unserer eigenen Ahnenreihe wird sich die Altersfolge der Organ-Systeme wohl ziemlich sicher folgendermaassen gestalten: I. Hautsystem (*A*) und Darmsystem (*B*). II. Nervensystem (*C*) und Muskelsystem (*D*). III. Nierensystem (*E*). IV. Gefässsystem (*F*). V. Skeletsystem (*G*). VI. Geschlechtssystem (*H*). (Vergl. die 39. Tabelle, S. 667.)

Zunächst beweist die Gastrula, dass bei sämmtlichen Thieren mit Ausnahme der Urthiere — also bei allen Darmthieren oder Metazoen — ursprünglich in erster Reihe zwei primäre Organ-Systeme gleichzeitig entstanden: das Hautsystem (Hautdecke) und das Darmsystem (Magenschlauch). Ersteres wird in seiner ältesten und einfachsten Form durch das Hautblatt oder Exoderm, letzteres durch das Darmblatt oder Entoderm der Gastraea dargestellt. Da wir diesen beiden primären Keimblättern bei sämmtlichen Darmthieren, vom einfachsten Schwamm bis zum Menschen hinauf, denselben Ursprung und also auch dieselbe morphologische Bedeutung zuschreiben dürfen, so erscheint uns die allgemeine Homologie derselben jene Annahme hinreichend zu begründen.

Bei vielen niederen Thieren bildet sich nach erfolgter Sonderung der beiden primären Keimblätter zunächst ein inneres oder äusseres Skelet aus (so namentlich bei den Schwämmen, Corallen und anderen

Pflanzenthieren. Bei den Vorfahren der Wirbelthiere trat aber die Skeletbildung erst viel später ein, zuerst bei den Chordoniern. Vielmehr entstanden hier nächst dem Hautsystem und Darmsystem gleichzeitig zwei andere Organ-Systeme: Nervensystem und Muskelsystem. Wie diese beiden, sich gegenseitig bedingenden Organsysteme zu gleicher Zeit sich selbstständig, in Wechselwirkung und doch in Gegensatz zu einander entwickelten, hat zuerst NICOLAUS KLEINENBERG in seiner ausgezeichneten Monographie der Hydra, des gemeinen Süsswasserpolypen gezeigt.[190] Bei diesem interessanten Thierchen treiben einzelne Zellen des Hautblattes faserförmige Fortsätze nach innen, welche das Contractionsvermögen, die für die Muskeln charakteristische Fähigkeit der Zusammenziehung in constanter Richtung, erwerben. Der äussere, rundliche Theil der Exodermzelle bleibt empfindlich und fungirt als Nervenelement: der innere, faserförmige Theil derselben Zelle wird contractil und fungirt, indem er von ersterem zur Zusammenziehung angeregt wird, als Muskelelement (Fig. 293). Diese merkwürdigen »Neuromuskel-Zellen« vereinigen also noch in einem einzigen Individuum erster Ordnung die Function zweier Organ-Systeme. Ein Schritt weiter: die innere muskulöse Hälfte der Neuromuskelzelle (Fig. 293 *m*) bekommt ihren eigenen Kern und löst sich von der äusseren nervösen Hälfte ab (*n*) — und beide Organ-Systeme besitzen ihr selbstständiges Form-Element. Die Abspaltung des muskulösen Hautfaserblattes von dem nervösen Hautsinnesblatte bei den Embryonen der Würmer bestätigt uns diesen wichtigen phylogenetischen Process (Fig. 50, 51, S. 190).

Erst nachdem die genannten vier Organ-Systeme bereits bestanden, hat sich drittens in der Vorfahren-Reihe des Menschen ein Apparat entwickelt, der auf den ersten Blick nur untergeordnete Bedeutung zu besitzen scheint, der aber durch sein frühzeitiges Auftreten in der Thierreihe und beim Embryo beweist, dass er ein hohes Alter und daher auch einen grossen physiologischen und morphologischen Werth besitzen muss. Das ist der Harnapparat oder das Nieren-System, dasjenige Organ-System, welches die unbrauchbaren Säfte aus dem Körper auszuscheiden und zu entfernen hat. Sie wissen bereits, wie frühzeitig die erste Anlage der Urnieren beim Embryo aller Wirbelthiere auftritt, lange bevor vom Herzen eine Spur zu entdecken ist. Dem entsprechend finden wir auch ein Paar einfache Urnieren-Canäle (die sogenannten »Excretions-Canäle oder Wassergefässe«) in dem gestaltenreichen Würmer-Stamme fast allgemein verbreitet vor. Sogar die niedersten Würmer-Klassen, welche noch keine Leibes-

höhle und kein Gefäss-System besitzen, sind mit diesen »Urnieren« ausgestattet (Fig. 280 *nc*, S. 636).

Erst in vierter Reihe hat sich bei unseren wirbellosen Ahnen nach dem Nierensystem das Gefäss-System entwickelt. Das zeigt uns deutlich die vergleichende Anatomie der Würmer. Die niederen Würmer (*Acoelomi*) besitzen noch keinen Theil des Gefäss-Systems, keine Leibeshöhle, kein Blut, kein Herz, keine Gefässe: so namentlich die grosse Abtheilung der Plattwürmer oder Plathelminthen (Strudelwürmer, Saugwürmer, Bandwürmer). Erst bei den höheren Würmern, die wir deshalb *Coelomati* nennen, beginnt sich eine mit Blut erfüllte Leibeshöhle, ein Coelom zu bilden; und daneben entwickeln sich dann weiterhin noch besondere Blutgefässe. Diese Einrichtungen haben sich von den Coelomaten auf die vier höheren Thierstämme vererbt.

Während die angeführten Organ-Systeme den Wirbelthieren und den drei höheren Thierstämmen der Gliederthiere, Weichthiere und Sternthiere gemeinsam sind, und wir annehmen dürfen, dass sie alle dieselben als gemeinsames Erbstück von den Coelomaten erhalten haben, stossen wir nunmehr in dem inneren Skelet-System auf einen passiven Bewegungs-Apparat, der in dieser Form den Wirbelthieren ausschliesslich eigenthümlich ist. Nur die allererste Anlage desselben, die einfache Chorda, treffen wir bereits bei den nächsten wirbellosen Blutsverwandten der Wirbelthiere, bei den Ascidien an. Wir schliessen aber daraus, dass die gemeinsamen Vorfahren Beider, die Chordonier, sich verhältnissmässig spät erst von den Würmern abgezweigt haben. Freilich gehört die Chorda zu denjenigen Organen, welche sehr frühzeitig beim Wirbelthier-Embryo auftreten: allein offenbar liegt hier eine ontogenetische Heterochronie oder eine »keimesgeschichtliche Zeitverschiebung« vor, d. h. eine allmählich durch embryonale Anpassungen bewirkte Verschiebung der ursprünglichen phylogenetischen Succession. Sicher darf man aus vergleichend-anatomischen Gründen annehmen, dass die erste Entstehung des Skeletsystems derjenigen des Nierensystems und des Gefässsystems nicht vorangegangen, sondern nachgefolgt ist, trotzdem die Ontogenie das Gegentheil zu lehren scheint.

Zuletzt von allen Organ-Systemen hat sich endlich bei unseren Vorfahren sechstens das Geschlechts-System entwickelt: wohlverstanden insofern zuletzt, als die Geschlechtswerkzeuge später als alle anderen Organe die selbstständige Form eines besonderen Organ-Systems erlangt haben. In einfachster Form sind die, die

Ausser diesen Vasotapeten oder »Endothelien« sind aber auch die zellenhaltigen Flüssigkeiten, welche jene Hohlräume ausfüllen: Lymphe, Blut, Serum u. s. w. jenem Gewebe zuzurechnen (Fig. 297). Alle diese Gewebe können wir als Vasalien zusammenfassen. HIS schrieb ihnen irrthümlich eine ganz abgesonderte, »parablastische« Entstehung (aus dem Nahrungsdotter) zu; in der That sind sie aber Producte des Darmfaserblattes (und zum Theil vielleicht des Hautfaserblattes). Da das Coelom und das Gefässsystem überhaupt erst jüngeren phylogenetischen Ursprungs ist, so müssen auch dessen eigenthümliche Gewebe jüngeren Alters sein.

Diese phylogenetische Deutung der ontogenetischen Succession der Gewebe und der aus ihnen entstehenden Organ-Systeme scheint mir durch die Gastraea-Theorie und durch die vergleichende Anatomie hinreichend begründet zu sein. Wenn dieselbe aber richtig ist, so eröffnet sie uns einen interessanten Einblick in das gänzlich verschiedene Alter unserer wichtigsten Körperbestandtheile. Haut und Darm des Menschen sind demnach viele Jahrtausende älter, als Muskeln und Nerven; diese wiederum besitzen ein viel höheres Alter als Nieren und Blutgefässe, und letzere endlich sind um viele tausend Jahre älter als das Skelet und die Geschlechtsorgane. Es ist also vollkommen irrthümlich, wenn man gewöhnlich das Gefässsystem als eines der wichtigsten und ursprünglichsten Organsysteme betrachtet: eben so falsch, als die Annahme des ARISTOTELES, dass das Herz im bebrüteten Hühnchen der zuerst gebildete Theil sei. Vielmehr lehren uns alle niederen Darmthiere deutlich, dass die historische Entwickelung des Gefässsystems erst in einer verhältnissmässig späten Zeit begonnen hat. Nicht allein alle Pflanzenthiere (Schwämme, Corallen, Hydropolypen, Medusen) entbehren des Gefässsystems vollständig, sondern ebenso auch alle niederen Würmer (Acoelomi). Hier wie dort wird der durch Verdauung gewonnene Saft direct vom Darmrohr aus durch Fortsetzungen desselben (durch »Gastrocanäle«) in die verschiedenen Körpertheile geleitet. Erst bei den mittleren und höheren Würmern beginnt sich das Gefässsystem zu entwickeln, indem sich um den Darm herum ein einfacher Hohlraum bildet (»Coeloma«) oder ein System von zusammenhängenden Lücken, in welchen sich die durch die Darmwand durchgeschwitzte Ernährungsflüssigkeit sammelt (Blut).

In der Ahnenreihe des Menschen begegnen wir diesen ersten Anfängen des Gefässsystems bei derjenigen Würmer-Gruppe, die wir früher als W e i c h w ü r m e r (*Scolecida*) charakterisirt haben (S. 444).

zwei einfachen Epithelschichten besteht, aus dem Hautblatte (Fig. 274 *e*) und aus dem Darmblatte (*i*). Histologisch betrachtet sind die beiden primären Keimblätter einfache Epithelien. Wenn diese späterhin in die vier secundären Keimblätter zerfallen, gestaltet sich das Hautsinnesblatt zur Ausgangsformation der äusseren Decken (oder Dermal-Epithelien); das Darmdrüsenblatt zur Grundlage der inneren

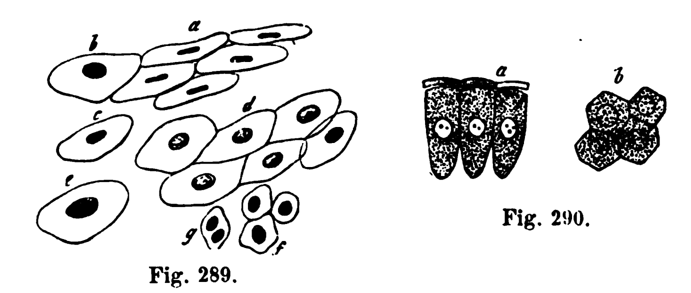


Fig. 289. Fig. 290.

Decken (oder Gastral-Epithelien). Aus dem Hautsinnesblatt entsteht das Gewebe der Oberhaut und aller ihrer Anhänge, der Nägel (Fig. 289), Haare, Hautdrüsen u. s. w. (Vergl. die XXIX. Tabelle, S. 560). Aus dem Darmdrüsenblatt hingegen bildet sich die innere Decke des Darmrohrs und der zugehörigen Darmdrüsen (Fig. 290).

Als zweite Hauptgruppe der Gewebe müssen wir dem phylogenetischen Alter nach das Bindegewebe (*Connectivum*) betrachten. Dasselbe ist morphologisch charakterisirt durch die Zwischenzellmasse (oder Intercellularsubstanz), die sich zwischen seinen Zellen ent-

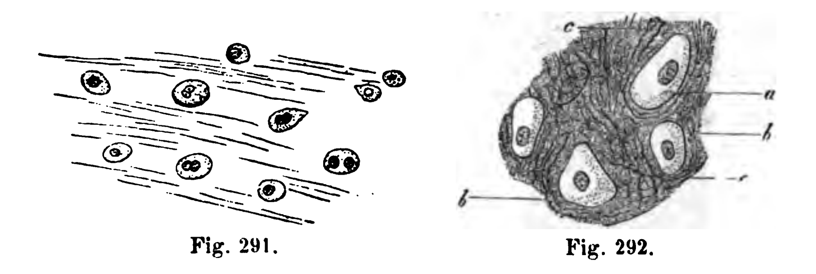


Fig. 291. Fig. 292.

Fig. 289. Gewebe des Nagels (Platten-Epithelium). *a—e* Zellen der oberen Schichten. *fg* Zellen der unteren Schichten.

Fig. 290. Gewebe der Dünndarm-Decke (Cylinder-Epithelium). *a* Seitenansicht von drei Zellen (mit verdicktem, porösem Deckel). *b* Flächenansicht von vier Zellen. (Nach Frey).

Fig. 291. Gallertgewebe aus dem Glaskörper eines Embryo von 4 Monaten. (Runde Zellen in gallertartiger Zwischensubstanz).

Fig. 292. Knorpelgewebe aus dem Netzknorpel der Ohrmuschel. *a* Zellen. *b* Zwischenmasse. *c* Fasern in derselben. (Nach Frey).

Chordonier bezeichnet haben, der vorderste Abschnitt des Darmes sich in einen Kiemenkorb verwandelte, werden diejenigen Gefässbogen, welche in der Wand dieses Kiemenkorbes vom Bauchgefäss zum Rückengefäss emporstiegen, sich in athmende Kiemengefässe verwandelt haben. Die Organisation des merkwürdigen Eichelwurms (*Balanoglossus*) führt uns noch heute einen ähnlichen Zustand der Kiemen-Circulation vor Augen (Fig. 186, S. 445).

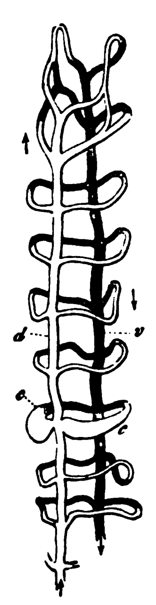


Fig. 298.

Einen weiteren bedeutungsvollen Fortschritt unter den heute noch lebenden Würmern offenbaren uns die Ascidien, die wir ja als die nächsten Bluts-Verwandten unserer uralten Chordonier-Ahnen zu betrachten haben. Hier begegnen wir nämlich zum ersten Male einem wirklichen Herzen, d. h. einem Centralorgane des Blutkreislaufs, welches durch die pulsirenden Zusammenziehungen seiner muskulösen Wand die Fortbewegung des Blutes in den Gefässröhren allein vermittelt. Das Herz tritt hier in der einfachsten Form auf, als ein spindelförmiger Schlauch, der an beiden Enden in ein Hauptgefäss übergeht (Fig. 188 *c*, S. 448; Taf. XI, Fig. 14 *hz*). Durch seine ursprüngliche Lage hinter dem Kiemenkorbe, an der Bauchseite der Ascidie, zeigt das Herz deutlich, dass es durch locale Erweiterung aus einem Abschnitte des Bauchgefässes hervorgegangen ist. Merkwürdig ist die früher schon erwähnte wechselnde Richtung der Blutbewegung, indem das Herz abwechselnd das Blut durch das vordere und durch das hintere Ende austreibt. Das ist deshalb sehr lehrreich, weil bei den meisten Würmern das Blut im Rückengefäss in der Richtung von hinten nach vorn, bei den Wirbelthieren hingegen in der umgekehrten Richtung, von vorn nach hinten, fortbewegt wird. Indem das Ascidien-Herz beständig zwischen diesen beiden entgegengesetzten Richtungen abwechselt, zeigt es uns gewissermaassen bleibend den phylogenetischen Uebergang zwischen der älteren Richtung des dorsalen Blutstromes nach vorn (bei den Würmern) und der neueren Richtung desselben nach hinten (bei den Wirbelthieren).

Indem nun bei den jüngeren Chordoniern, welche dem Wirbelthier-Stamm den Ursprung gaben, die neuere Richtung bleibend

---

Fig. 298. Blutgefässsystem eines Ringelwurmes (*Saenuris*): vorderster Abschnitt. *d* Rückengefäss. *v* Bauchgefäss. *c* Querverbindung zwischen beiden (herzartig erweitert). Die Pfeile deuten die Richtung des Blutstromes an. (Nach Gegenbaur.)

schichte der Gewebe das Deckengewebe eine erste, das Bindegewebe eine zweite Periode repräsentirt, so können wir durch das Nervenmuskelgewebe eine dritte, viel spätere Periode charakterisiren. Denn während der Körper der niedersten Pflanzenthiere bloss aus Deckengewebe besteht, während bei vielen anderen Zoophyten zwischen beiden primären Keimblättern sich ein bindegewebiges Mittelblatt entwickelt, bringen es erst die höher entwickelten Pflanzenthiere zur Bildung von Muskel- und Nervengewebe. Wie schon vorher bemerkt, trat dasselbe zuerst als vereinigtes »Neuromuskelgewebe« auf (Fig. 293; Vergl. S. 660). Erst später sonderte sich das Muskelgewebe (Fig. 295) vom Nervengewebe (Fig. 294). Der grösste Theil des Nervengewebes ist vom Hautsinnesblatte, der grösste Theil des Muskelgewebes vom Hautfaserblatte abzuleiten.

Als jüngste und zuletzt entstandene Gewebsgruppe müssen wir endlich das Gefässgewebe betrachten (*Vasalium*). Wir fassen unter dieser Bezeichnung die epithelartigen Gewebe zusammen, welche die geschlossenen inneren Hohlräume des Körpers auskleiden (Coelom, Brusthöhle, Bauchhöhle, Herzhöhle, Blutgefässe u. s. w. (Fig. 296).

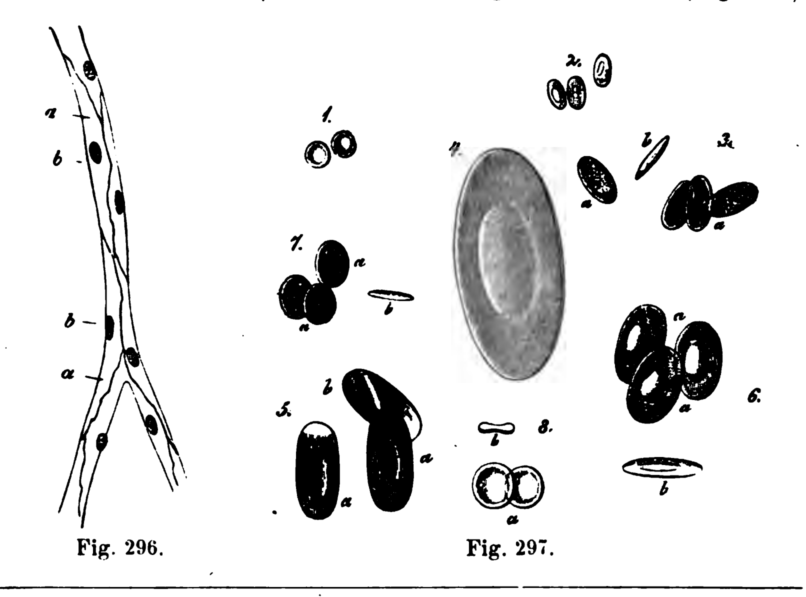


Fig. 296. Fig. 297.

Fig. 296. Gefässgewebe (*Vasalium*). Ein Haargefäss aus dem Gekröse. *a* Gefässzellen. *b* deren Kerne. (»Endothelium«.)

Fig. 297. Rothe Blutzellen verschiedener Wirbelthiere (bei gleicher Vergrösserung). 1. Vom Menschen. 2. Kamel. 3. Taube. 4. Proteus (S. 479). 5. Wassersalamander (*Triton*). 6. Frosch. 7. Schmerle (*Cobitis*). 8. Neunauge (*Petromyzon*). *a* Flächenansicht. *b* Randansicht. (Nach Wagner.)

Achtunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die Altersfolge der menschlichen Gewebs-Gruppen. (Phylogenetische Rangordnung der Wirbelthier-Gewebe.)

Erste Hauptgruppe: Primäre Gewebe (Epithelien).

I. Erste histologische Entwickelungsstufe:

I. Decken-Gewebe (Epithelium).

IA.	Hautdeckengewebe (*Epithelium dermale*). Hautblatt oder Exoderm der Gastrula (später Hautsinnesblatt).	1. Oberhaut. 2. Oberhautdrüsen. (3. Aelteste Ursprungsstätte der Spermazellen?)
IB.	Darmdeckengewebe (*Epithelium gastrale*). Darmblatt oder Entoderm der Gastrula (später Darmdrüsenblatt).	1. Eigentliches Darm-Epithelium. 2. Epithelium der Darmdrüsen. (3. Aelteste Ursprungsstätte der Eizellen?)

Zweite Hauptgruppe: Secundäre Gewebe.
(Sämmtlich vom Deckengewebe oder Epithelium ursprünglich abgeleitet.)

II. Zweite histologische Entwickelungsstufe:

II. Binde-Gewebe (Connectivum).

II C.	Füllgewebe (*Tela conjunctiva*). (Weicheres [umhüllendes] Bindegewebe).	1. Gallertgewebe. 2. Fettgewebe. 3. Fasergewebe.
II D.	Stützgewebe. (*Tela skeletaris*). (Festeres [stützendes] Bindegewebe).	4. Chordagewebe. 5. Knorpelgewebe. 6. Knochengewebe.

III. Dritte histologische Entwickelungsstufe:

III. Nervenmuskel-Gewebe (Neuromusculum).

III E.	Nervengewebe (*Tela nervea*). (Ursprünglichst äusserer Theil der Neuromuskel-Zellen des Exoderms).	1. Nervenzellen (Ganglienzellen).	1a. Peripherische Nervenzellen (Stäbchenzellen der Sinnesorgane). 1b. Centrale Nervenzellen (Seelenzellen).
		2. Nervenfasern (Nervenröhren).	2a. Scheidenlose Nervenfasern (sog. blasse oder marklose). 2b. Umscheidete Nervenfasern (sog. dunkle oder markhaltige).
III F.	Muskelgewebe (*Tela muscularis*). (Ursprünglichst innerer Theil der Neuromuskelzellen des Exoderms).	1. Einzellige Muskelfasern.	1a. Glatte contractile Faserzellen. 1b. Gestreifte contractile Faserzellen
		2. Vielzell. Muskelfasern.	2a. Glatte Muskel-Syncytien. 2b. Gestreifte Muskel-Syncytien.

IV. Vierte histologische Entwickelungsstufe.

IV. Gefäss-Gewebe (Vasalium).

IV G.	Gefässtapeten-Gewebe (*Tela vasalis*). Innere Wandbekleidung des Coelomsystems.	1. Coelarium (Coelom-Epithel).	1a. Exocoelarium (Parietales Coelom-Epithel) (und secundäre Ursprungsstätte der Spermazellen?) 1b. Endocoelarium (Viscerales Coelom-Epithel) (und secundäre Ursprungsstätte der Eizellen?)
		2. Endothelium (Gefäss-Epithel).	2a. Endothel der Lymphgefässe. 2b. Endothel der Blutgefässe.
IV H.	Lymphgewebe (*Tela lymphatica*). Flüssiger Inhalt des Coelomsystems.	1. Lymphe (farblose Blutzellen und flüssige Zwischenzellmasse). 2. Blut (rothe Blutzellen und flüssige Zwischenzellmasse).	

Neununddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die Altersfolge der menschlichen Organ-Systeme. (Phylogenetische Rangordnung der Wirbelthier-Organe.)

(Rechts sind die Ahnenstufen angegeben, bei denen wahrscheinlich die betreffenden Organe zuerst auftraten.)

I. Erste organologische Entwickelungsstufe:

I. Hautsystem und Darmsystem.

Beide Systeme treten zuerst und gleichzeitig auf bei den Gastraeaden-Ahnen.

System	Organ	Ahnenstufe
IA. Hautsystem (*Systema dermale*).	A 1. Einfaches Exoderm	Gastraeaden.
	A 2. Oberhaut (Hautsinnesblatt) und Lederhaut (Hautfaserblatt)	Würmer.
	A 3. Oberhaut mit Haaren, Drüsen etc.	Säugethiere.
IB. Darmsystem (*Systema gastrale*).	B 1. Einfaches Entoderm	Gastraeaden.
	B 2. Darm-Epithelium (Darmdrüsenblatt) und Darm-Muskelhaut (Darmfaserblatt)	Würmer.
	B 3. Kiemendarm und Magendarm	Chordonier.

II. Zweite organologische Entwickelungsstufe:

II. Nervensystem und Muskelsystem.

Beide Systeme treten zuerst und gleichzeitig auf bei den Urwürmer-Ahnen.

System	Organ	Ahnenstufe
IIC. Nervensystem (*Systema nerveum*).	C 1. Oberer Schlundknoten	Urwürmer.
	C 2. Einfaches Markrohr	Chordonier.
	C 3. Gehirn und Rückenmark	Monorhinen.
IID. Muskelsystem (*Systema musculare*).	D 1. Hautmuskelschlauch	Urwürmer.
	D 2. Seitenrumpfmuskeln	Acranier.
	D 3. Rumpfmuskeln und Gliedermuskeln	Fische.

III. Dritte organologische Entwickelungsstufe:

III. Nierensystem und Gefässsystem.

Beide Systeme treten nach einander auf, zuerst bei den Weichwürmer-Ahnen.

System	Organ	Ahnenstufe
III E. Nierensystem (*Systema renale*).	E 1. Urnieren-Canäle	Scoleciden.
	E 2. Segmental-Canäle	Acranier?
	E 3. Urnieren	Monorhinen.
	E 4. Nachnieren	Protamnien.
III F. Gefässsystem (*Systema vasculare*).	F 1. Einfaches Coelom	Scoleciden.
	F 2. Rückengefäss und Bauchgefäss	Würmer.
	F 3. Herz (Theil des Bauchgefässes)	Chordonier.
	F 4. Herz mit Kammer und Vorkammer	Monorhinen.

IV. Vierte organologische Entwickelungsstufe:

IV. Skeletsystem und Geschlechtssystem.

Beide Systeme treten nach einander auf, zuerst bei den Chordonier-Ahnen.

System	Organ	Ahnenstufe
IV G. Skeletsystem (*Systema skeletare*).	G 1. Einfache Chorda	Chordonier.
	G 2. Knorpeliger Urschädel	Monorhinen.
	G 3. Kiemenbogen, Rippen, Gliedmaassen	Selachier.
	G 4. Fünfzehige Gliedmaassen	Amphibien.
IV H. Geschlechts-system (*Systema sexuale*).	H 1. Einfache Zwitterdrüsen	Chordonier.
	H 2. Hoden und Eierstock getrennt	Acranier.
	H 3. Samenleiter und Eileiter	Selachier.
	H 4. Phallus (Penis, Clitoris)	Protamnien.

Pflanzenthieren. Bei den Vorfahren der Wirbelthiere trat aber die Skeletbildung erst viel später ein, zuerst bei den Chordoniern. Vielmehr entstanden hier nächst dem Hautsystem und Darmsystem gleichzeitig zwei andere Organ-Systeme: Nervensystem und Muskelsystem. Wie diese beiden, sich gegenseitig bedingenden Organsysteme zu gleicher Zeit sich selbstständig, in Wechselwirkung und doch in Gegensatz zu einander entwickelten, hat zuerst NICOLAUS KLEINENBERG in seiner ausgezeichneten Monographie der Hydra, des gemeinen Süsswasserpolypen gezeigt.[190] Bei diesem interessanten Thierchen treiben einzelne Zellen des Hautblattes faserförmige Fortsätze nach innen, welche das Contractionsvermögen, die für die Muskeln charakteristische Fähigkeit der Zusammenziehung in constanter Richtung, erwerben. Der äussere, rundliche Theil der Exodermzelle bleibt empfindlich und fungirt als Nervenelement: der innere, faserförmige Theil derselben Zelle wird contractil und fungirt, indem er von ersterem zur Zusammenziehung angeregt wird, als Muskelelement (Fig. 293). Diese merkwürdigen »Neuromuskel-Zellen« vereinigen also noch in einem einzigen Individuum erster Ordnung die Function zweier Organ-Systeme. Ein Schritt weiter: die innere muskulöse Hälfte der Neuromuskelzelle (Fig. 293 *m*) bekommt ihren eigenen Kern und löst sich von der äusseren nervösen Hälfte ab (*n*) — und beide Organ-Systeme besitzen ihr selbstständiges Form-Element. Die Abspaltung des muskulösen Hautfaserblattes von dem nervösen Hautsinnesblatte bei den Embryonen der Würmer bestätigt uns diesen wichtigen phylogenetischen Process (Fig. 50, 51, S. 190).

Erst nachdem die genannten vier Organ-Systeme bereits bestanden, hat sich drittens in der Vorfahren-Reihe des Menschen ein Apparat entwickelt, der auf den ersten Blick nur untergeordnete Bedeutung zu besitzen scheint, der aber durch sein frühzeitiges Auftreten in der Thierreihe und beim Embryo beweist, dass er ein hohes Alter und daher auch einen grossen physiologischen und morphologischen Werth besitzen muss. Das ist der Harnapparat oder das Nieren-System, dasjenige Organ-System, welches die unbrauchbaren Säfte aus dem Körper auszuscheiden und zu entfernen hat. Sie wissen bereits, wie frühzeitig die erste Anlage der Urnieren beim Embryo aller Wirbelthiere auftritt, lange bevor vom Herzen eine Spur zu entdecken ist. Dem entsprechend finden wir auch ein Paar einfache Urnieren-Canäle (die sogenannten »Excretions-Canäle oder Wassergefässe«) in dem gestaltenreichen Würmer-Stamme fast allgemein verbreitet vor. Sogar die niedersten Würmer-Klassen, welche noch keine Leibes-

höhle und kein Gefäss-System besitzen, sind mit diesen »Urnieren» ausgestattet (Fig. 280 *nc*, S. 636).

Erst in vierter Reihe hat sich bei unseren wirbellosen Ahnen nach dem Nierensystem das Gefäss-System entwickelt. Das zeigt uns deutlich die vergleichende Anatomie der Würmer. Die niederen Würmer (*Acoelomi*) besitzen noch keinen Theil des Gefäss-Systems, keine Leibeshöhle, kein Blut, kein Herz, keine Gefässe; so namentlich die grosse Abtheilung der Plattwürmer oder Plathelminthen (Strudelwürmer, Saugwürmer, Bandwürmer). Erst bei den höheren Würmern, die wir deshalb *Coelomati* nennen, beginnt sich eine mit Blut erfüllte Leibeshöhle, ein Coelom zu bilden; und daneben entwickeln sich dann weiterhin noch besondere Blutgefässe. Diese Einrichtungen haben sich von den Coelomaten auf die vier höheren Thierstämme vererbt.

Während die angeführten Organ-Systeme den Wirbelthieren und den drei höheren Thierstämmen der Gliederthiere, Weichthiere und Sternthiere gemeinsam sind, und wir annehmen dürfen, dass sie alle dieselben als gemeinsames Erbstück von den Coelomaten erhalten haben, stossen wir nunmehr in dem inneren Skelet-System auf einen passiven Bewegungs-Apparat, der in dieser Form den Wirbelthieren ausschliesslich eigenthümlich ist. Nur die allererste Anlage desselben, die einfache Chorda, treffen wir bereits bei den nächsten wirbellosen Blutsverwandten der Wirbelthiere, bei den Ascidien an. Wir schliessen aber daraus, dass die gemeinsamen Vorfahren Beider, die Chordonier, sich verhältnissmässig spät erst von den Würmern abgezweigt haben. Freilich gehört die Chorda zu denjenigen Organen, welche sehr frühzeitig beim Wirbelthier-Embryo auftreten; allein offenbar liegt hier eine ontogenetische Heterochronie oder eine »keimesgeschichtliche Zeitverschiebung« vor, d. h. eine allmählich durch embryonale Anpassungen bewirkte Verschiebung der ursprünglichen phylogenetischen Succession. Sicher darf man aus vergleichend-anatomischen Gründen annehmen, dass die erste Entstehung des Skeletsystems derjenigen des Nierensystems und des Gefässsystems nicht vorangegangen, sondern nachgefolgt ist, trotzdem die Ontogenie das Gegentheil zu lehren scheint.

Zuletzt von allen Organ-Systemen hat sich endlich bei unseren Vorfahren sechstens das Geschlechts-System entwickelt; wohlverstanden insofern zuletzt, als die Geschlechtswerkzeuge später als alle anderen Organe die selbstständige Form eines besonderen Organ-Systems erlangt haben. In einfachster Form sind die, die

Fortpflanzung vermittelnden Zellen freilich uralt. Nicht nur die niedersten Würmer und Pflanzenthiere pflanzen sich bereits durch geschlechtliche Zeugung fort, sondern auch bei der gemeinsamen Stammform aller Metazoen, bei der Gastraea, ist dasselbe wahrscheinlich schon der Fall gewesen. Allein bei allen diesen niederen Thieren constituiren die Fortpflanzungszellen keine besonderen Geschlechtsorgane in morphologischem Sinne; sie sind vielmehr, wie wir demnächst sehen werden, einfache Bestandtheile anderer Organe.

In gleicher Weise, wie die Organ-Systeme des menschlichen Körpers, sind auch die Gewebe, aus welchen sich dieselben aufbauen, von verschiedenem Alter und von verschiedenem morphologischem Werthe. Mit demselben Rechte, mit welchem wir aus der ontogenetischen Reihenfolge, in der die Organ-Systeme beim Embryo nach einander auftreten, uns einen Schluss auf ihre phylogenetische Altersfolge gestatten können, mit demselben Rechte dürfen wir auch aus der keimesgeschichtlichen Stufenfolge der Gewebe auf ihre successive Entstehung im Laufe der Stammesgeschichte schliessen. Daraus ergiebt sich für unsere Gewebe eine ähnliche phylogenetische Classification (38. Tabelle), wie solche für die Organe möglich ist (39. Tabelle). S. S. 666 und 667.

Die Gewebe des menschlichen Körpers, welche durch die mannichfaltige Arbeitstheilung, Sonderung und Verbindung seiner constituirenden Zellen entstehen, können wir mit Rücksicht auf ihre Entwickelung in folgende vier verschiedene Hauptgruppen ordnen: 1. Deckengewebe (*Epithelium*); 2. Bindegewebe (*Connectivum*); 3. Nerven- und Muskelgewebe (*Neuromusculum*) und 4. Gefässgewebe (*Vasalium*). Von diesen müssen wir nach der Gastraea-Theorie das Deckengewebe als die älteste und ursprünglichste Gewebsform betrachten, als das eigentliche primäre Gewebe oder Urgewebe; die drei anderen Hauptformen dagegen sind secundäre, abgeleitete Gewebsformen, welche sich aus dem Deckengewebe erst später entwickelt haben, und zwar zunächst das Bindegewebe, später das Neuromuskelgewebe, zuletzt das Gefässgewebe.

Die älteste und ursprünglichste Gewebsform ist unzweifelhaft das Deckengewebe (*Epithelium*), dessen Zellen einfach schichtenweise neben einander gelagert sind und innere und äussere Oberflächen des Thierkörpers als schützende und absondernde Decken überziehen. Das geht mit Sicherheit aus der einfachen Thatsache hervor, dass die Gewebebildung des Thierkörpers mit der Gastrulabildung überhaupt erst beginnt, und dass die Gastrula selbst bloss aus

zwei einfachen Epithelschichten besteht, aus dem Hautblatte (Fig. 274 *e*) und aus dem Darmblatte (*i*). Histologisch betrachtet sind die beiden primären Keimblätter einfache Epithelien. Wenn diese späterhin in die vier secundären Keimblätter zerfallen, gestaltet sich das Hautsinnesblatt zur Ausgangsformation der äusseren Decken (oder Dermal-Epithelien); das Darmdrüsenblatt zur Grundlage der inneren

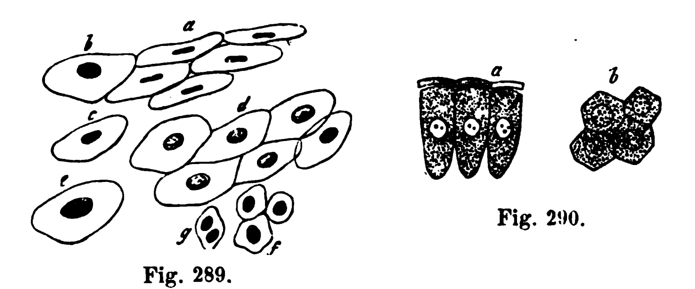


Fig. 289. Fig. 290.

Decken (oder Gastral-Epithelien). Aus dem Hautsinnesblatt entsteht das Gewebe der Oberhaut und aller ihrer Anhänge, der Nägel (Fig. 289), Haare, Hautdrüsen u. s. w. (Vergl. die XXIX. Tabelle, S. 560). Aus dem Darmdrüsenblatt hingegen bildet sich die innere Decke des Darmrohrs und der zugehörigen Darmdrüsen (Fig. 290).

Als zweite Hauptgruppe der Gewebe müssen wir dem phylogenetischen Alter nach das **Bindegewebe** (*Connectivum*) betrachten. Dasselbe ist morphologisch charakterisirt durch die Zwischenzellmasse (oder Intercellularsubstanz), die sich zwischen seinen Zellen ent-

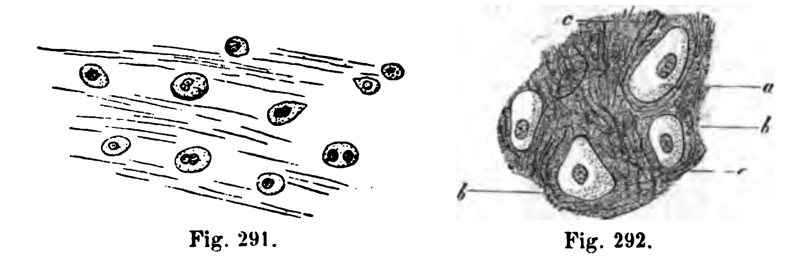


Fig. 291. Fig. 292.

Fig. 289. Gewebe des Nagels (Platten-Epithelium). *a*—*e* Zellen der oberen Schichten. *fg* Zellen der unteren Schichten.

Fig. 290. Gewebe der Dünndarm-Decke (Cylinder-Epithelium). *a* Seitenansicht von drei Zellen (mit verdicktem, porösem Deckel). *b* Flächenansicht von vier Zellen. (Nach Frey).

Fig. 291. Gallertgewebe aus dem Glaskörper eines Embryo von 4 Monaten. (Runde Zellen in gallertartiger Zwischensubstanz).

Fig. 292. Knorpelgewebe aus dem Netzknorpel der Ohrmuschel. *a* Zellen. *b* Zwischenmasse. *c* Fasern in derselben. (Nach Frey).

wickelt; physiologisch durch die indifferente Rolle, die dasselbe als Verbindungs- und Ausfüllungsmasse zwischen den übrigen Geweben, als innere Stützsubstanz und schützende Umhüllung innerer Organe ausübt. Von den zahlreichen Arten und Abarten des Bindegewebes betrachten wir das Gallertgewebe (Fig. 291; Fig. 6, S. 103), Fettgewebe und Chordagewebe als ältere, das Fasergewebe, Knorpelgewebe (Fig. 292), Knochengewebe (Fig. 5, S. 103) als jüngere Formationen. Alle diese verschiedenen Formen des Bindegewebes sind Producte des mittleren Keimblattes oder Mesoderms; oder genauer gesagt, der beiden Faserblätter, von denen das Hautfaserblatt aus dem Exoderm, das Darmfaserblatt aus dem Entoderm ursprünglich abzuleiten ist.

Viel jüngeren Ursprungs, als das Bindegewebe ist das Nervenmuskelgewebe (*Neuromusculum*). Wenn in der Stammesge-

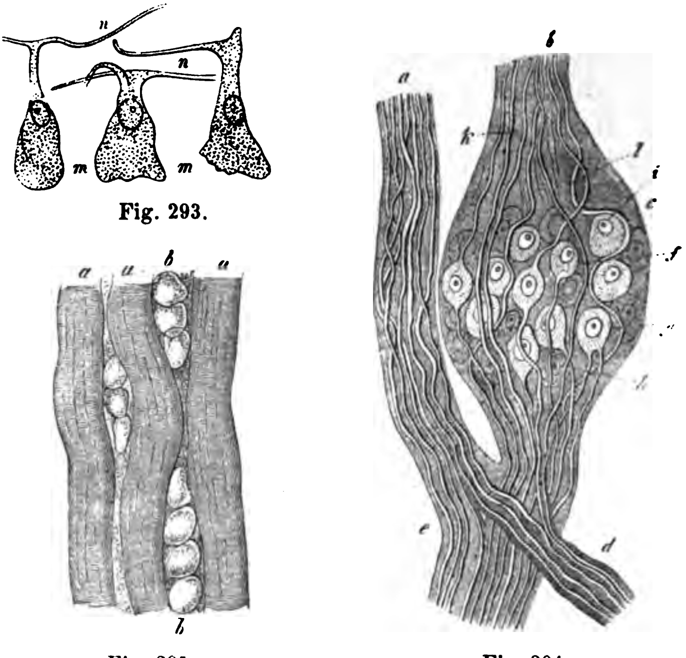


Fig. 293.

Fig. 295.

Fig. 294.

Fig. 293. Nervenmuskelgewebe. Drei Neuromuskelzellen von Hydra: *n* äusserer nervöser; *m* innerer muskulöser Theil der Zellen. (Nach KLEINENBERG.)

Fig. 294. Nervengewebe (aus einem Spinalknoten). *a* Vordere, *b* hintere Wurzel des Rückenmarksnerven. *de* Fasrige Nervenstämme. *fghi* Nervenzellen in Ganglion (*f* unipolare. *gh* bipolare Zellen), *kl* Nervenfasern. (Nach FREY.)

Fig. 295. Muskelgewebe. Drei gestreifte Muskelfaser-Stücke (*a*). Dazwischen Fettzellen (*b*). (Nach FREY.)

schichte der Gewebe das Deckengewebe eine erste, das Bindegewebe eine zweite Periode repräsentirt, so können wir durch das Nervenmuskelgewebe eine dritte, viel spätere Periode charakterisiren. Denn während der Körper der niedersten Pflanzenthiere bloss aus Deckengewebe besteht, während bei vielen anderen Zoophyten zwischen beiden primären Keimblättern sich ein bindegewebiges Mittelblatt entwickelt, bringen es erst die höher entwickelten Pflanzenthiere zur Bildung von Muskel- und Nervengewebe. Wie schon vorher bemerkt, trat dasselbe zuerst als vereinigtes »Neuromuskelgewebe« auf (Fig. 293; Vergl. S. 660). Erst später sonderte sich das Muskelgewebe (Fig. 295) vom Nervengewebe (Fig. 294). Der grösste Theil des Nervengewebes ist vom Hautsinnesblatte, der grösste Theil des Muskelgewebes vom Hautfaserblatte abzuleiten.

Als jüngste und zuletzt entstandene Gewebsgruppe müssen wir endlich das Gefässgewebe betrachten (*Vasalium*). Wir fassen unter dieser Bezeichnung die epithelartigen Gewebe zusammen, welche die geschlossenen inneren Hohlräume des Körpers auskleiden (Coelom, Brusthöhle, Bauchhöhle, Herzhöhle, Blutgefässe u. s. w. (Fig. 296).

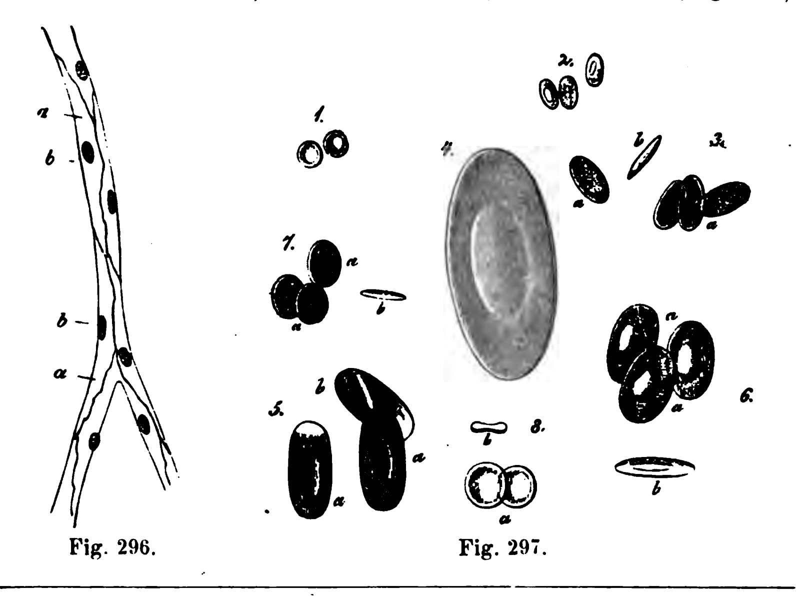


Fig. 296. Fig. 297.

Fig. 296. Gefässgewebe (*Vasalium*). Ein Haargefäss aus dem Gekröse. *a* Gefässzellen. *b* deren Kerne. (»Endothelium«.)

Fig. 297. Rothe Blutzellen verschiedener Wirbelthiere (bei gleicher Vergrösserung). 1. Vom Menschen. 2. Kamel. 3. Taube. 4. Proteus (S. 479). 5. Wassersalamander (*Triton*). 6. Frosch. 7. Schmerle (*Cobitis*). 8. Neunauge (*Petromyzon*). *a* Flächenansicht. *b* Randansicht. (Nach WAGNER.)

Die weitere phylogenetische Ausbildung des **Blutgefäss-Systems** legt uns die vergleichende Anatomie der Schädelthiere oder Cranioten klar vor Augen. Auf der tiefsten Stufe dieser Gruppe, bei den Cyclostomen (S. 457), begegnen wir zum ersten Male neben dem **Blutgefäss-System** einem eigentlichen **Lymphgefäss-System**, einem System von Canälen, welche die farblose aus den Geweben austretende Flüssigkeit sammeln und dem Blutstrom zuführen. Diejenigen Lymphgefässe, welche die milchige, direct durch die Verdauung gewonnene Ernährungs-Flüssigkeit aus der Darmwand aufsaugen und dem Blutstrom zuführen, werden unter dem besonderen Namen der **Chylusgefässe** oder »Milchsaftgefässe« unterschieden. Während der Chylus oder Milchsaft vermöge seines grossen Gehaltes an Fettkügelchen milchweiss erscheint, ist die eigentliche »Lymphe« farblos. Sowohl Chylus als Lymphe enthalten dieselben farblosen amoeboiden Zellen (Fig. 9, S. 108), welche auch im Blute als »farblose Blutzellen« vertheilt sind; letzteres enthält aber ausserdem, die viel grössere Masse von rothen Blutzellen, welche dem Blute der Schädelthiere seine rothe Farbe verleihen. Die bei den Cranioten allgemein vorhandene Scheidung zwischen Lymphgefässen, Chylusgefässen und Blutgefässen ist als eine Folge der Arbeitstheilung oder Sonderung anzusehen, welche zwischen verschiedenen Abschnitten eines ursprünglich einheitlichen »Urblutgefäss-Systems« (oder Haemolymph-Systems) stattgefunden hat.

Auch das Herz, das bei allen Cranioten vorhandene Centralorgan des Blutkreislaufs, zeigt uns bei den Cyclostomen bereits einen Fortschritt der Bildung. Der einfache spindelförmige Herzschlauch ist in zwei Abschnitte oder Kammern gesondert, die durch ein paar Klappen getrennt sind (Taf. XI, Fig. 16 *hv*, *hk*). Der hintere Abschnitt, die **Vorkammer** (*Atrium, hv*), nimmt das venöse Blut aus den Körpervenen auf und übergiebt dasselbe dem vorderen Abschnitt, der »Kammer« oder **Hauptkammer** (*Ventriculus, hk*). Von hier wird dasselbe durch den Kiemenarterien-Stamm (den vordersten Abschnitt des Bauchgefässes) in die Kiemen getrieben.

Bei den Urfischen oder Selachiern sondert sich aus dem vordersten Ende der Kammer als besondere, durch Klappen geschiedene Abtheilung ein **Arterienstiel** (*Bulbus arteriosus*). Er bildet das erweiterte hintere Ende des Kiemenarterien-Stammes (Fig. 299 *abr*). Jederseits gehen 5—7 Kiemenarterien davon ab. Diese steigen zwischen den Kiemenspalten (*s*) an den Kiemenbogen empor, umfassen den Schlund und vereinigen sich oben in einen gemeinschaft-

lichen Aorten-Stamm, dessen über den Darm nach hinten verlaufende Fortsetzung dem Rückengefäss der Würmer entspricht. Da die bogenförmigen Arterien auf den Kiemenbogen sich in ein athmendes Capillar-Netz auflösen, so enthalten sie in ihrem unteren Theile (als Kiemenarterienbogen) venöses Blut, in ihrem oberen Theile (als Aortenbogen) arterielles Blut. Die rechts und links stattfindende Vereinigung einzelner Aortenbogen nennt man Aorten-Wurzeln. Von einer ursprünglich grösseren Zahl von Aortenbogen bleiben zunächst nur fünf Paare bestehen; und aus diesen fünf Paar Aortenbogen (Fig. 300) entwickeln sich bei allen höheren Wirbelthieren die wichtigsten Theile des Arterien-Systems (Vergl. Fig. 52—54, S. 207).

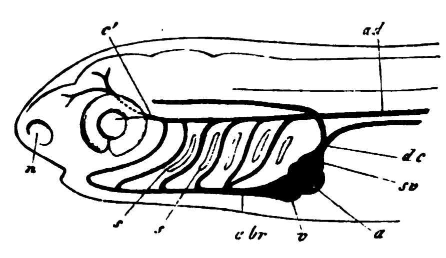


Fig. 299.

Von grösster Bedeutung für die weitere Entwickelung desselben ist das Auftreten der Lungen und die damit verbundene Luftathmung, der wir zuerst bei den Dipneusten begegnen. Hier zerfällt die Vorkammer des Herzens durch eine unvollständige Scheidewand in zwei Hälften. Nur die rechte Vorkammer nimmt jetzt das venöse Blut der Körper-Venen auf. Die linke Vorkammer hingegen nimmt das arterielle Blut von den Lungen-Venen auf. Beide Vorkammern münden gemeinschaftlich in die einfache Hauptkammer, wo sich beide Blutarten mischen und gemischt durch den Arterienstiel in die Arterienbogen getrieben werden. Aus den letzten Arterienbogen entspringen die Lungen-Arterien (Fig. 301 *p*). Diese treiben einen Theil des gemischten Blutes in die Lungen, während der andere Theil desselben durch die Aorta in den Körper geht.

Von den Dipneusten aufwärts verfolgen wir nun eine fortschreitende Entwickelung des Gefässsystems, die schliesslich mit dem Verluste der Kiemenathmung zu einer vollständigen Trennung der beiden Kreislaufshälften führt. Bei den Amphibien wird die Scheidewand

---

Fig. 299. Kopf eines Fisch-Embryo, mit der Anlage des Blutgefäss-Systems, von der linken Seite. *dc* Cuvier'scher Gang (Vereinigung der vorderen und hinteren Hauptvene). *sv* Venöser Sinus (erweitertes Endstück des Cuvier'schen Ganges). *a* Vorkammer. *v* Hauptkammer. *abr* Kiemen-Arterien-Stamm. *s* Kiemenspalten (dazwischen die Arterien-Bogen). *ad* Aorta. *c'* Kopfarterie (Carotis). *n* Nasengrube. Nach Gegenbaur.

und fünftes Paar auf (Fig. 304). Während aber diese letzteren sich entwickeln, gehen die beiden ersteren schon wieder verloren, indem sie zuwachsen (Fig. 305). Bloss aus den drei hinteren Arterien-Bogen (3, 4, 5 in Fig. 304) entwickeln sich die bleibenden Arterien-Stämme, aus dem letzten die Lungen-Arterien (*p*; Fig. 306). Vergl. hierzu Fig. 302.

Auch das Herz des Menschen (Fig. 314) entwickelt sich ganz ebenso wie das der übrigen Säugethiere. Die ersten Grundzüge seiner Keimesgeschichte, die im Wesentlichen ganz seiner Stammesgeschichte entspricht, haben wir schon früher betrachtet (S. 314—316, Fig. 143—147). Sie erinnern sich, dass die allererste Anlage des Herzens eine spindelförmige Verdickung des Darmfaserblattes in der Bauchwand des Kopfdarmes darstellt (Fig. 143 *df*). Darauf höhlt sich die spindelförmige Anlage aus, bildet einen einfachen Schlauch und schnürt sich von ihrer Ursprungsstätte ab, so dass sie nunmehr frei in der Herzhöhle liegt (Fig. 145, 146). Bald krümmt sich dieser Schlauch Sförmig (Fig. 144 *c*) und dreht sich zugleich dergestalt spiralig um eine ideale Axe, dass der hintere Theil auf die Rückenfläche des vorderen Theiles zu liegen kommt. In das hintere Ende münden die vereinigten Dotter-Venen ein. Aus dem vorderen Ende entspringen die Aortenbogen. (Fig. 150, S 319.)

Während diese erste, einen ganz einfachen Hohlraum umschliessende Anlage des menschlichen Herzens dem Ascidien-Herzen entspricht und als Wiederholung des Chordonier-Herzens aufzufassen ist, folgt nunmehr eine Sonderung desselben in zwei, darauf drei Abschnitte, durch welche uns die Herzbildung der Cyclostomen und Fische vorübergehend vor Augen geführt wird. Es wird nämlich die spiralige Drehung und Krümmung des Herzens immer stärker, und zugleich treten zwei seichte, quere Einschnürungen auf, durch welche drei Abtheilungen äusserlich sich markiren (Fig. 307, 308). Der vorderste Abschnitt, welcher der Bauchseite zugekehrt ist, und aus welchem die Aortenbogen entspringen, wiederholt den Arterienstiel (*Bulbus arteriosus*) der Selachier. Der mittlere Abschnitt ist die Anlage einer einfachen Kammer oder Hauptkammer (*Ventriculus*), und der hinterste, der Rückenseite zugewendete Abschnitt, in welchen die Dottervenen einmünden, ist die Anlage einer einfachen Vorkammer (*Atrium*). Diese letztere bildet, ganz ebenso wie die einfache Vorkammer des Fischherzens, ein paar seitliche Ausbuchtungen, die Herzohren (*Auriculae*, Fig. 307 *b*); und die Einschnürung zwischen Vorkammer und Hauptkammer heisst daher Ohr-

canal (*Canalis auricularis*, Fig. 308 *ca*). Das Herz des menschlichen Embryo ist jetzt ein vollständiges **Fischherz**.



Fig. 307. Fig. 308. Fig. 309. Fig. 310.

Ganz entsprechend der Phylogenese des menschlichen Herzens (in der 41. Tabelle) zeigt uns nun auch seine Ontogenese einen allmählichen Uebergang vom Fischherzen durch das Amphibien-Herz zum Säugethier-Herzen. Das wichtigste Moment dieses Ueberganges ist die Ausbildung einer anfangs unvollständigen, später vollständigen **Längsscheidewand**, durch welche alle drei Abtheilungen des Herzens in eine rechte (venöse) und linke (arterielle) Hälfte zerfallen (vergl. Fig. 309—314). Die Vorkammer wird dadurch in ein rechtes und linkes Atrium getheilt, deren jedes das zugehörige Herzohr aufnimmt; in die rechte Vorkammer münden die Körpervenen ein (obere und untere Hohlvene, Fig. 311 *c*, 313 *c*); die linke Vorkammer nimmt die Lungenvenen auf. Ebenso wird an der Hauptkammer schon früh eine oberflächliche »Zwischenkammerfurche« sichtbar (*Sulcus interventricularis*, Fig. 312 *s*). Diese ist der äusserliche Ausdruck der inneren Scheidewand, durch deren Ausbildung die Hauptkammer in zwei Kammern geschieden wird, eine rechte venöse und eine linke arteri-

---

Fig. 307. **Herz eines Kaninchen-Embryo**, von hinten. *a* Dottervenen. *b* Herzohren. *c* Vorkammer. *d* Kammer. *e* Arterienstiel. *f* Basis der drei Paar Arterienbogen. (Nach Bischoff.)

Fig. 308. **Herz desselben Embryo** (Fig. 307) von vorn. *v* Dottervenen. *a* Vorkammer. *ca* Ohrcanal. *l* linke Kammer. *r* rechte Kammer. *ta* Arterienstiel. (Nach Bischoff.)

Fig. 309. **Herz und Kopf eines Hunde-Embryo**, von vorn. *a* Vorderhirn. *b* Augen. *c* Mittelhirn. *d* Urunterkiefer. *e* Uroberkiefer. *f* Kiemenbogen. *g* rechte Vorkammer. *h* linke Vorkammer. *i* linke Kammer. *k* rechte Kammer. (Nach Bischoff.)

Fig. 310. **Herz desselben Embryo**, von hinten. *a* Einmündung der Dottervenen. *b* linkes Herzohr. *c* rechtes Herzohr. *d* Vorkammer. *e* Ohrcanal. *f* linke Kammer. *g* rechte Kammer. *h* Arterienstiel. (Nach Bischoff.)

elle Kammer. In gleicher Weise bildet sich endlich auch eine Längsscheidewand in der dritten Abtheilung des primitiven fischartigen Herzens, im Arterienstiel, aus, ebenfalls äusserlich durch eine Längsfurche angedeutet (Fig. 312 *af*). Der Hohlraum des Arterienstiels

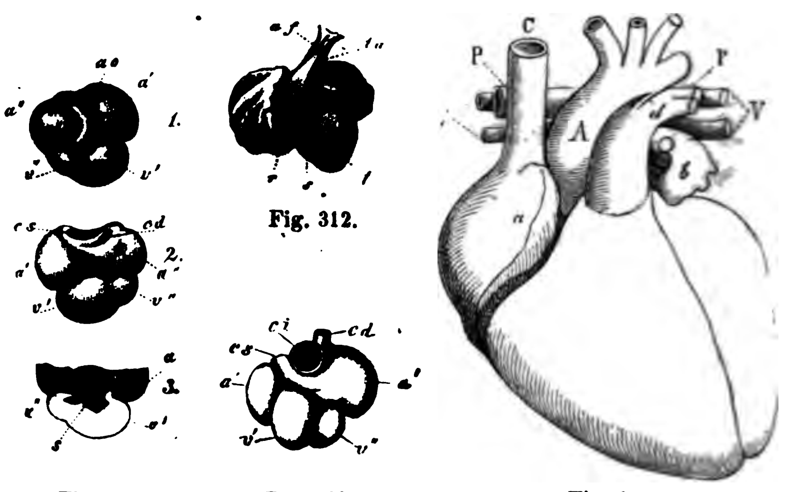


Fig. 311. Fig. 313. Fig. 314.

Fig. 312.

zerfällt dadurch in zwei seitliche Hälften: den Lungenarterien-Stiel, welcher in die rechte Kammer und den Aorten-Stiel, welcher in die linke Kammer einmündet. Erst wenn alle Scheidewände vollständig ausgebildet sind, ist der kleine Lungen- Kreislauf vom grossen Körper-) Kreislauf geschieden; das Bewegungs-Centrum des ersteren bildet die rechte, dasjenige des letzteren die linke Herzhälfte. Vergl. die 41. Tabelle). [191].

Fig. 311. Herz eines menschlichen Embryo von vier Wochen; 1 von vorn, 2) von hinten, 3) geöffnet und obere Hälfte der Vorkammer entfernt. *a'* linkes Herzohr. *a''* rechtes Herzohr. *v'* linke Kammer. *v''* rechte Kammer. *ao* Arterienstiel. *c* obere Hohlvene (*cd* rechte, *cs* linke). *s* Anlage der Kammer-Scheidewand. (Nach Kölliker.)

Fig. 312. Herz eines menschlichen Embryo von sechs Wochen, von vorn. *r* rechte Kammer. *t* linke Kammer. *s* Furche zwischen beiden Kammern. *ta* Arterienstiel. *af* Furche auf dessen Oberfläche; rechts und links die beiden grossen Herzohren. (Nach Ecker.)

Fig. 313. Herz eines menschlichen Embryo von acht Wochen, von hinten. *a'* linkes Herzohr. *a''* rechtes Herzohr. *v'* linke Kammer. *v''* rechte Kammer *cd'* rechte obere Hohlvene. *cs* linke obere Hohlvene. *ci* untere Hohlvene. (Nach Kölliker.)

Fig. 314. Herz des erwachsenen Menschen, vollständig entwickelt, von vorn, in seiner natürlichen Lage. *a* rechtes Herzohr (darunter die rechte Kammer) *b* linkes Herzohr (darunter die linke Kammer). *C* obere Hohlvene. *V* Lungen-Venen. *P* Lungen-Arterie. *d* Botallischer Gang. *A* Aorta. (Nach Meyer.)

Ursprünglich liegt das Herz beim Embryo des Menschen und aller anderen Amnioten weit vorn an der Unterseite des Kopfes: wie es bei den Fischen zeitlebens vorn an der Kehle liegen bleibt. Später mit der zunehmenden Entwickelung des Halses und der Brust rückt das Herz immer weiter nach hinten und findet sich zuletzt unten in der Brust, zwischen den beiden Lungen. Anfänglich liegt es ganz symmetrisch, in der Mittelebene des Körpers, so dass seine Längsaxe mit derjenigen des Körpers zusammenfällt. (Taf. IV, Fig. 8.) Bei den meisten Säugethieren bleibt diese symmetrische Lage zeitlebens. Bei den Affen hingegen beginnt sich die Axe schräg zu neigen und die Spitze des Herzens nach der linken Seite zu verschieben. Am weitesten geht diese Drehung bei den Menschenaffen: Schimpanse, Gorilla und Orang, die auch hierin dem Menschen gleichen.

Wie die Keimesgeschichte des menschlichen Herzens, so liefert uns auch diejenige aller übrigen Abschnitte des Gefässsystems zahlreiche und werthvolle Aufschlüsse über die Stammesgeschichte. Da jedoch die Verfolgung derselben zu ihrem klaren Verständniss eine genaue Kenntniss von der verwickelten Zusammensetzung des ganzen Gefässsystems beim Menschen und den übrigen Wirbelthieren erfordern würde, so können wir hier nicht näher darauf eingehen.[192]. Auch sind viele wichtige Verhältnisse in der Ontogenie des Gefässsystems, besonders bezüglich der Ableitung seiner verschiedenen Theile aus den secundären Keimblättern, noch sehr dunkel und streitig. Das gilt z. B. von der Frage nach dem Ursprung des Coelom-Epitheliums, d. h. derjenigen Zellenschicht, welche die Leibeshöhle auskleidet. Wahrscheinlich besteht hier eine wichtige phylogenetische Verschiedenheit zwischen dem Exocoelar (oder dem »parietalen Coelom-Epithel«), welches vom Hautfaserblatte abstammt, und dem Endocoelar (oder dem »visceralen Coelom-Epithel«), welches vom Darmfaserblatte abzuleiten ist. Ersteres hängt vielleicht mit dem männlichen Keimepithel (der Anlage des Hodens), letzteres mit dem weiblichen Keimepithel (der Anlage des Eierstocks) zusammen. (Vergl. den XXV. Vortrag.)

Vierzigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Gefäss-Systems oder Vasculats.

I. Erste Periode: **Aelteres Scoleciden-Vasculat.**

Zwischen Hautdecke und Darmwand entsteht eine einfache »Leibeshöhle« (Coelom) oder ein »perienterischer Hohlraum« (wie noch heute bei den Bryozoen und anderen Coelomaten-Würmern).

II. Zweite Periode: **Jüngeres Scoleciden-Vasculat.**

In der Darmwand entstehen (im Darmfaserblatte) die ersten eigentlichen Blutgefässe, ein Rückengefäss in der Mittellinie der Rückenseite und ein Bauchgefäss in der Mittellinie der Bauchseite des Darmrohres. Rückengefäss und Bauchgefäss treten durch mehrere den Darm umfassende Ringgefässe in Verbindung.

III. Dritte Periode: **Aelteres Chordonier-Vasculat.**

Indem die vordere Darmhälfte sich zum Kiemendarm umbildet, wird der vordere Abschnitt des Bauchgefässes zur Kiemenarterie und der vordere Abschnitt des Rückengefässes zur Kiemenvene; zwischen beiden entwickelt sich ein Kiemen-Capillarnetz.

IV. Vierte Periode: **Jüngeres Chordonier-Vasculat.**

Der zunächst hinter dem Kiemendarm gelegene Abschnitt des Bauchgefässes erweitert sich zu einem einfachen Herzschlauch. (Ascidien.)

V. Fünfte Periode: **Acranier-Vasculat.**

Das Bauchgefäss (Darmvene) bildet um den entstehenden Leberschlauch die ersten Anfänge eines Pfortader-Systems.

VI. Sechste Periode: **Cyclostomen-Vasculat.**

Das einkammerige Herz zerfällt in zwei Kammern: hintere Hauptkammer und vordere Vorkammer. Neben dem Blutgefäss-System tritt das Lymphgefäss-System auf.

VII. Siebente Periode: **Urfisch-Vasculat.**

Aus dem vorderen Abschnitt der Hauptkammer sondert sich ein Arterien-Stiel, von dem fünf (?) Paar Arterien-Bogen abgehen (wie bei den Selachiern).

VIII. Achte Periode: **Lurchfisch-Vasculat.**

Aus dem letzten (fünften) Arterienbogen-Paar entwickeln sich die Lungen-Arterien, wie bei den Dipneusten.

IX. Neunte Periode: **Amphibien-Vasculat.**

Die Kiemen-Arterien verschwinden allmählich mit den Kiemen. Rechter und linker Aortenbogen bleiben bestehen.

X. Zehnte Periode: **Säugethier-Vasculat.**

Die Trennung zwischen kleinem und grossem Kreislauf ist vollständig. Der rechte Aortenbogen und der Botallische Gang verwachsen.

Einundvierzigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Herzens.

I. Erste Periode: **Chordonier-Herz.**

Das Herz bildet eine einfache, spindelförmige Anschwellung des Bauchgefässes, mit wechselnder Stromesrichtung (wie bei den Ascidien).

II. Zweite Periode: **Acranier-Herz.**

Das Herz gleicht dem der Chordonier, gewinnt aber constante Stromesrichtung, indem es sich nur von hinten nach vorn zusammenzieht. (Beim Amphioxus rückgebildet.)

III. Dritte Periode: **Cyclostomen-Herz.**

Das Herz zerfällt in zwei Kammern, eine hintere Vorkammer (Atrium) und eine vordere Hauptkammer (Ventriculus).

IV. Vierte Periode: **Urfisch-Herz.**

Aus dem vorderen Abschnitt der Hauptkammer sondert sich ein Arterienstiel (Bulbus arteriosus), wie bei allen Selachiern.

V. Fünfte Periode: **Lurchfisch-Herz.**

Die Vorkammer zerfällt durch eine unvollständige und durchbrochene Scheidewand in eine rechte und eine linke Hälfte, wie bei den Dipneusten.

VI. Sechste Periode: **Amphibien-Herz.**

Die Scheidewand zwischen der rechten und linken Vorkammer wird vollständig, wie bei den höheren Amphibien.

VII. Siebente Periode: **Protamnien-Herz.**

Die Hauptkammer zerfällt durch eine unvollständige Scheidewand in eine rechte und eine linke Hälfte (wie bei den Reptilien).

VIII. Achte Periode: **Monotremen-Herz.**

Die Scheidewand zwischen der rechten und linken Kammer wird vollständig (wie bei allen Säugethieren).

IX. Neunte Periode: **Beutelthier-Herz.**

Die Klappen zwischen Kammern und Vorkammern (Atrioventricular-Klappen) nebst den anhaftenden Sehnenfäden und Papillar-Muskeln differenziren sich aus dem muskulösen Balkenwerk der Monotremen.

X. Zehnte Periode: **Affen-Herz.**

Die in der Mittellinie gelegene Hauptaxe des Herzens stellt sich schräg, so dass die Spitze nach links gerichtet ist (wie bei den Affen und beim Menschen).

Zweiundvierzigste Tabelle.

Uebersicht über diejenigen Urorgane, welche mit Wahrscheinlichkeit bei den Würmern, Gliederthieren, Weichthieren und Wirbelthieren im Allgemeinen als homolog zu betrachten sind. [193]

Würmer (Vermes)	**Gliederthiere (Arthropoda)**	**Weichthiere (Mollusca)**	**Wirbelthiere (Vertebrata)**
I. Differenzirungs-Producte des Hautsinnesblattes.			
1. Oberhaut (Epidermis)	1. Chitinogen-Haut (Hypodermis)	1. Oberhaut (Epidermis)	**1. Oberhaut (Epidermis)**
2. Gehirn (Oberer Schlund-knoten)	2. Gehirn (Oberer Schlund-knoten)	2. Gehirn (Oberer Schlund-knoten)	**2. Markrohr (Vorderster Theil)**
3. Excretions-Organe (Wassergefässe, Segmental-Organe)	3. Schalendrüse der Crustaceen (Tracheen der Tracheaten ?)	3. Nieren-Anlagen (Urnieren)	**3. Urnierengänge (Protureteres) und Segmental-Organe**
II. Differenzirungs-Producte des Hautfaserblattes.			
4. Lederhaut (Corium) [nebst Ringmuskel-schlauch ?]	4. Lederhaut (Rudiment)	4. Lederhaut (Corium) [nebst Hautmusku-latur]	**4. Lederhaut (Corium) [nebst Hautmuskel-schicht ?]**
5. Längsmuskel-schlauch	5. Rumpf-muskulatur	5. Innere Rumpf-muskulatur	**5. Seitenrumpf-Muskulatur**
6. Exocoelar Innerste Zellenschicht der Leibeswand [nebst männlicher Keimplatte ?]	6. Exocoelar Innerste Zellenschicht der Leibeswand [nebst männlicher Keimplatte ?]	6. Exocoelar Parietales Coelom-Epithel [nebst männlicher Keimplatte ?]	**6. Exocoelar Parietales Coelom-Epithel [nebst männlicher Keimplatte ?]**
III. Differenzirungs-Producte des Darmfaserblattes.			
7. Leibeshöhle (Coelom)	7. Leibeshöhle (Coelom)	7. Leibeshöhle (Coelom)	**7. Pleuroperitoneal-Höhle**
8. Endocoelar Aeusserste Zellen-schicht der Darmwand [nebst weiblicher Keimplatte ?]	8. Endocoelar Aeusserste Zellen-schicht der Darmwand [nebst weiblicher Keimplatte ?]	8. Endocoelar Viscerales Coelom-Epithel [nebst weiblicher Keimplatte ?]	**8. Endocoelar Viscerales Coelom-Epithel [nebst weiblicher Keimplatte ?]**
9. Rückengefäss	9. Herz	9. Herzkammer (nebst Hauptarterie)	**9. Aorta (primordialis)**
10. Bauchgefäss	10. ———	10. ———	**10. Herz (nebst Kiemenarterie)**
11. Darmwand (mit Ausschluss des Epithels)	11. Darmwand (mit Ausschluss des Epithels)	11. Darmwand (mit Ausschluss des Epithels)	**11. Darmwand (mit Ausschluss des Epithels)**
IV. Differenzirungs-Producte des Darmdrüsenblattes.			
12. Darm-Epithelium	12. Darm-Epithelium	12. Darm-Epithelium	**12. Darm-Epithelium**

Fünfundzwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte der Harnorgane und Geschlechtsorgane.

»Die wichtigsten Wahrheiten in den Naturwissenschaften sind weder allein durch Zergliederung der Begriffe der Philosophie, noch allein durch blosses Erfahren gefunden worden, sondern durch eine denkende Erfahrung, welche das Wesentliche von dem Zufälligen in der Erfahrung unterscheidet und dadurch Grundsätze findet, aus welchen viele Erfahrungen abgeleitet werden. Dies ist mehr als blosses Erfahren, und wenn man will, eine philosophische Erfahrung.«

Johannes Müller (1840).

Inhalt des fünfundzwanzigsten Vortrages.

Bedeutung der Fortpflanzung. Wachsthum. Einfachste Formen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung: Theilung und Knospenbildung. Einfachste Formen der geschlechtlichen Fortpflanzung: Verwachsung zweier differenzirter Zellen: der männlichen Spermazelle und der weiblichen Eizelle. Befruchtung. Urquelle der Liebe. Ursprüngliche Zwitterbildung (Hermaphroditismus); spätere Geschlechtstrennung (Gonochorismus). Ursprüngliche Entstehung der beiderlei Sexual-Zellen aus den beiden primären Keimblättern. Männliches Exoderm und weibliches Entoderm. Entstehung der Hoden und Eierstöcke. Wanderung der Sexualzellen in das Coelom. Hermaphroditische Anlage des Keimepithels oder der Sexual-Platte. Ausführgänge oder Geschlechtsleiter: Eileiter und Samenleiter. Entstehung derselben aus den Urnierengängen. Excretionsorgane der Würmer. Schleifencanäle der Ringelwürmer. Seitencanäle des Amphioxus. Urnieren der Myxinoiden. Urnieren der Schädelthiere. Entwickelung der bleibenden secundären Nieren bei den Amnioten. Entstehung der Harnblase aus der Allantois. Differenzirung der primären und secundären Urnierengänge: Müller'scher Gang (Eileiter) und Wolff'scher Gang (Samenleiter). Wanderung der Keimdrüsen bei den Säugethieren. Eibildung bei den Säugethieren (Graaf'sche Follikel). Entstehung der äusseren Geschlechtsorgane. Kloakenbildung. Zwitterbildung beim Menschen.

XXV.

Meine Herren!

Wenn wir die Bedeutung der Organ-Systeme des Thierkörpers nach der mannichfaltigen Fülle verschiedenartiger Erscheinungen und nach dem daran sich knüpfenden physiologischen Interesse beurtheilen, so werden wir als eines der wichtigsten und interessantesten Organ-Systeme dasjenige anerkennen müssen, zu dessen Entwickelungsgeschichte wir uns jetzt zuletzt wenden: das System der Fortpflanzungsorgane. Wie die Ernährung für die Selbsterhaltung des organischen Individuums die erste und wichtigste Vorbedingung ist, so wird durch die Fortpflanzung allein die Erhaltung der organischen Art oder Species bewirkt, oder vielmehr die Erhaltung der langen Generationenreihe, welche in ihrem genealogischen Zusammenhange die Gesammtheit des organischen Stammes, das Phylum darstellt. Kein organisches Individuum erfreut sich eines »ewigen Lebens«. Jedem ist nur eine kurze Spanne Zeit zu seiner individuellen Entwickelung gegönnt, ein verschwindend kurzer Moment in der Millionenreihe von Jahren der Erdgeschichte.

Die Fortpflanzung und die damit verbundene Vererbung wird daher neben der Ernährung schon lange als die wichtigste Fundamental-Function der Organismen angesehen und man pflegt danach diese »belebten Naturkörper« vorzugsweise von den »leblosen oder anorganischen Körpern« zu unterscheiden. Doch ist eigentlich diese Scheidung nicht so tief und durchgreifend, als es zunächst den Anschein hat und als man gewöhnlich annimmt. Denn wenn man die Natur der Fortpflanzungs-Phänomene näher ins Auge fasst, so zeigt sich bald, dass dieselbe sich auf eine allgemeine Eigenschaft zurückführen lässt, die ebenso den anorganischen wie den organischen Körpern zukommt, auf das Wachsthum. Die Fortpflanzung ist eine Ernährung und ein Wachsthum des Organismus über das individuelle Maass hinaus, welche einen Theil desselben zum Ganzen erhebt (S. 130). Das zeigt sich am klarsten, wenn wir die Fortpflanzung der

einfachsten und niedersten Organismen ins Auge fassen, vor allen der Moneren (S. 414) und der einzelligen Amoeben (S. 415). Das einfache Individuum besitzt hier nur den Formwerth einer einzigen Plastide. Sobald dasselbe durch fortgesetzte Ernährung und einfaches Wachsthum ein gewisses Maass der Grösse erreicht hat, überschreitet es letzteres nicht mehr, sondern zerfällt durch einfache Theilung in zwei gleiche Hälften. Jede dieser beiden Hälften führt sofort ihr selbstständiges Leben und wächst wiederum, bis sie durch Ueberschreitung jener Wachsthums-Grenze abermals sich theilt. Bei jeder solcher einfachen Selbsttheilung bilden sich zwei neue Anziehungs-Mittelpunkte für die Körpertheilchen, als Grundlagen der beiden neuentstehenden Individuen.[194]

Bei vielen anderen Urthieren oder Protozoen erfolgt die einfache Fortpflanzung nicht durch Theilung, sondern durch Knospenbildung. In diesem Falle ist das Wachsthum, welches die Fortpflanzung anbahnt, kein totales (wie bei der Theilung), sondern ein partielles. Daher kann man auch bei der Knospenbildung das locale Wachsthums-Product, das sich als Knospe zu einem neuen Individuum gestaltet, als kindliches Individuum dem elterlichen Organismus, aus dem es entsteht, gegenüberstellen. Der letztere ist älter und grösser als das erstere. Hingegen sind bei der Theilung die beiden Theilungsproducte von gleichem Alter und von gleichem Formwerthe. Als weitere Differenzirungs-Formen der geschlechtslosen Fortpflanzung schliessen sich dann an die Knospenbildung drittens die Keimknospenbildung und viertens die Keimzellenbildung an. Diese letztere aber führt uns unmittelbar zur geschlechtlichen oder sexuellen Fortpflanzung hinüber, für welche die gegensätzliche Differenzirung beider Geschlechter das bedingende Moment ist. Ich habe in meiner generellen Morphologie (Bd. II, S. 32—71) und in meiner Natürlichen Schöpfungsgeschichte (S. 164—181) den Zusammenhang dieser verschiedenen Fortpflanzungs-Arten ausführlich erörtert.

Alle ältesten Vorfahren des Menschen und der höheren Thiere besassen noch nicht die höhere Function der geschlechtlichen Fortpflanzung, sondern vermehrten sich blos auf ungeschlechtlichem Wege, durch Theilung, Knospenbildung, Keimknospenbildung oder Keimzellenbildung, wie es die Urthiere oder Protozoen noch heute thun. Erst in einer späteren Periode der organischen Erdgeschichte konnte der sexuelle Gegensatz der beiden Geschlechter entstehen, und das geschah zuerst in der einfachsten Weise dadurch, dass zwei verschiedene Zellen aus dem Staatsverbande des vielzelligen Organis-

mus sich ablösten und mit einander verschmolzen. Wir können sagen, dass in diesem Falle das Wachsthum, die Vorbedingung der Fortpflanzung, dadurch erreicht wurde, dass zwei erwachsene Zellen zu einem einzigen, nun übermässig grossen Individuum sich verbanden (»Copulation« oder »Conjugation«). Anfangs können die beiden copulirten Zellen ganz gleichartig gewesen sein. Bald aber wird sich durch natürliche Züchtung ein Gegensatz zwischen ihnen ausgebildet haben. Denn es musste für das neuerzeugte Individuum im Kampfe um's Dasein von grossem Vortheile sein, verschiedene Eigenschaften von beiden Zellen-Eltern geerbt zu haben. Die vollständige Ausbildung dieses fortschreitenden Gegensatzes zwischen den beiden zeugenden Zellen führte zur geschlechtlichen oder sexuellen Differenzirung. Die eine Zelle wurde zur weiblichen Eizelle, die andere zur männlichen Samenzelle.

Die einfachsten Verhältnisse der geschlechtlichen Fortpflanzung unter den gegenwärtig lebenden Thieren bieten uns die Gastraeaden und die niederen Schwämme (Spongien), namentlich die Kalkschwämme (Calcispongien), ferner die einfachsten Hydroid-Polypen (Hydra). Bei *Haliphysema* (Fig. 315) und ebenso bei *Olynthus* ist der ganze Körper ein einfacher Darmschlauch und unterscheidet sich von der Gastrula wesentlich nur dadurch, dass er an dem der Mundöffnung entgegengesetzten Ende festgewachsen ist. Die dünne Wand des Schlauches besteht bloss aus den beiden primären Keimblättern. Sobald derselbe geschlechtsreif wird, bilden sich einzelne Zellen der Wand zu weiblichen Eizellen, andere zu männlichen Spermazellen oder Samenzellen um; die ersteren werden sehr gross, indem sie eine beträchtliche Menge von Dotterkörnern in ihrem Protoplasma bilden (Fig. 181 *e*); die letzteren umgekehrt werden durch fortgesetzte Theilung sehr klein und verwandeln sich in bewegliche »stecknadelförmige« Spermatozoen (Fig. 17, S. 141). Beiderlei



Fig. 315.

Fig. 315. Längsschnitt durch Haliphysema (*Gastraeada*). Die Eizellen (*e*) sind vergrösserte Epithelzellen des Entoderms (*g*) und liegen frei in der Urdarmhöhle (*d*). *m* Mundöffnung. *h* Exoderm.

Zellen lösen sich von ihrer Geburtsstätte, den primären Keimblättern, los, fallen entweder in das umgebende Wasser oder in die Darmhöhle, und vereinigen sich hier, indem sie mit einander verschmelzen. Das ist der bedeutungsvolle Vorgang der »Befruchtung« der Eizelle durch die Samenzelle (vergl. Fig. 18, S. 143).

Durch diese einfachsten Vorgänge der geschlechtlichen Fortpflanzung, wie sie bei den niedersten Pflanzenthieren, bei den Gastraeaden, Kalkschwämmen und Hydroid-Polypen, noch heute zu beobachten sind, werden wir mit mehreren ausserordentlich wichtigen und bedeutungsvollen Erkenntnissen bereichert: Erstens erfahren wir dadurch, dass für die geschlechtliche Fortpflanzung eigentlich weiter gar nichts erforderlich ist, als die Verschmelzung oder Verwachsung von zwei verschiedenen Zellen, einer weiblichen Eizelle und einer männlichen Spermazelle. Alle anderen Verhältnisse und alle die übrigen, höchst zusammengesetzten Erscheinungen, welche bei den höheren Thieren den geschlechtlichen Zeugungsact begleiten, sind von untergeordneter und secundärer Natur, sind erst nachträglich zu jenem einfachsten, primären Copulations- und Befruchtungs-Process hinzugetreten, oder durch »Differenzirung« entstanden. Wenn wir aber nun bedenken, welche ausserordentlich wichtige Rolle das Verhältniss der beiden Geschlechter überall in der organischen Natur, im Pflanzenreiche, wie im Thier- und Menschenleben spielt, wie die gegenseitige Neigung und Anziehung beider Geschlechter, die Liebe, die Triebfeder der mannichfaltigsten und merkwürdigsten Vorgänge, ja eine der wichtigsten mechanischen Ursachen der höchsten Lebens-Differenzirung überhaupt ist, so werden wir diese Zurückführung der Liebe auf ihre Urquelle, auf die Anziehungskraft zweier verschiedener Zellen, gar nicht hoch genug anschlagen können. Ueberall in der lebendigen Natur gehen von dieser kleinsten Ursache die grössten Wirkungen aus. Denken Sie allein an die Rolle, welche die Blumen, die Geschlechtsorgane der Blüthenpflanzen, in der Natur spielen; oder denken Sie an die Fülle von wunderbaren Erscheinungen, welche die geschlechtliche Zuchtwahl im Thierleben bewirkt; denken Sie endlich an die folgenschwere Bedeutung, welche die Liebe im Menschenleben besitzt: überall ist die Verwachsung zweier Zellen das einzige, ursprünglich treibende Motiv; überall übt dieser unscheinbare Vorgang den grössten Einfluss auf die Entwickelung der mannichfaltigsten Verhältnisse aus. Wir dürfen wohl behaupten, dass kein anderer organischer Process diesem an Umfang und Intensität der differenzirenden Wirkung nur entfernt an die Seite zu stellen ist. Denn ist

nicht der semitische Mythus von der Eva, die den Adam zur »Erkenntniss« verführte, und ist nicht die altgriechische Sage von Paris und Helena, und sind nicht so viele andere berühmte Dichtungen bloss der poetische Ausdruck des unermesslichen Einflusses, welchen die Liebe und die davon abhängige »sexuelle Selection«[36]) seit der Differenzirung der beiden Geschlechter auf den Gang der Weltgeschichte ausgeübt hat? Alle anderen Leidenschaften, die sonst noch die Menschenbrust durchtoben, sind in ihrer Gesammt-Wirkung nicht entfernt so mächtig, wie die sinnentflammende und vernunftbethörende Liebe. Auf der einen Seite verherrlichen wir die Liebe dankbar als die Quelle der herrlichsten Kunsterzeugnisse: der erhabensten Schöpfungen der Poesie, der bildenden Kunst und der Tonkunst: wir verehren in ihr den mächtigsten Factor der menschlichen Gesittung, die Grundlage des Familienlebens und dadurch der Staats-Entwickelung. Auf der anderen Seite fürchten wir in ihr die verzehrende Flamme, welche den Unglücklichen in das Verderben treibt, und welche mehr Elend, Laster und Verbrechen verursacht hat, als alle anderen Uebel des Menschengeschlechts zusammengenommen. So wunderbar ist die Liebe und so unendlich bedeutungsvoll ihr Einfluss auf das Seelenleben, auf die verschiedensten Functionen des Markrohrs, dass gerade hier mehr als irgendwo die »übernatürliche« Wirkung jeder natürlichen Erklärung zu spotten scheint. Und doch führt uns trotz alledem die vergleichende Entwickelungsgeschichte ganz klar und unzweifelhaft auf die älteste Quelle der Liebe zurück, auf die Wahlverwandtschaft zweier verschiedener Zellen: Spermazelle und Eizelle.

Wie uns die niedersten Pflanzenthiere über diesen einfachsten Ursprung der verwickelten Fortpflanzungs-Erscheinungen belehren, so eröffnen sie uns zweitens auch die wichtige Erkenntniss, dass das älteste und ursprünglichste Geschlechts-Verhältniss die Zwitterbildung war und dass aus dieser erst secundär (durch Arbeitstheilung) die Geschlechtstrennung hervorging. Die Zwitterbildung (*Hermaphroditismus*) ist bei den niederen Thieren der verschiedensten Gruppen vorherrschend, jedes einzelne geschlechtsreife Individuum, jede Person, enthält hier weibliche und männliche Geschlechtszellen, ist also fähig, sich selbst zu befruchten und fortzupflanzen. So finden wir nicht allein bei den eben angeführten niedersten Pflanzenthieren (Gastraeaden, Kalkschwämmen und vielen Hydroid-Polypen), auf einer und derselben Person Eizellen und Samenzellen vereinigt: sondern auch viele Würmer (z. B. die Ascidien, Regenwürmer

und Blutegel), viele Schnecken (die gewöhnlichen Garten- und Weinbergs-Schnecken), und viele andere wirbellose Thiere sind solche Zwitter oder Hermaphroditen. Aber auch alle älteren wirbellosen Vorfahren des Menschen, von den Gastraeaden bis zu den Chordoniern aufwärts, werden Zwitter gewesen sein. Wahrscheinlich waren sogar die ältesten Schädellosen noch Hermaphroditen (Fig. 52—56 *e*, *k*; S. 207, 215). Ein wichtiges Zeugniss dafür liefert der merkwürdige Umstand, dass auch bei den Wirbelthieren, beim Menschen ebenso wie bei den übrigen Vertebraten, die ursprüngliche Anlage der Geschlechts-Organe hermaphroditisch ist. Erst im weiteren Verlaufe der Stammesgeschichte hat sich aus dem Hermaphroditismus die Geschlechtstrennung (*Gonochorismus*) entwickelt, die Vertheilung der beiderlei Geschlechtszellen auf verschiedene Personen. Anfangs sind männliche und weibliche Personen bloss durch den Besitz der beiderlei Zellen verschieden, im Uebrigen ganz gleich gewesen, wie es beim Amphioxus und bei den Cyclostomen noch heutzutage der Fall ist. Erst später haben sich durch die von DARWIN so glänzend erläuterte geschlechtliche Zuchtwahl, durch die wirkungsvolle *Selectio sexualis*, die sogenannten »secundären Sexual-Charaktere« entwickelt, d. h. diejenigen Unterschiede des männlichen und weiblichen Geschlechts, welche nicht die Geschlechtsorgane selbst, sondern andere Körpertheile betreffen (z. B. der Bart des Mannes, die Brust des Weibes).[36]

Die dritte wichtige Thatsache, über welche wir durch die niederen Pflanzenthiere Auskunft erhalten, betrifft den ältesten Ursprung der beiderlei Geschlechtszellen. Da nämlich bei den Gastraeaden, bei vielen Spongien und Hydroiden, wo wir jene einfachsten Anfänge der geschlechtlichen Differenzirung antreffen, der ganze Körper zeitlebens nur aus den beiden primären Keimblättern besteht, so können auch die beiderlei Geschlechts-Zellen hier nur aus Zellen der beiden primären Keimblätter entstanden sein. Diese einfache Erkenntniss ist deshalb ausserordentlich wichtig, weil die Frage vom ersten Ursprung der Eizellen sowohl als der Spermazellen bei den höheren Thieren — und insbesondere bei den Wirbelthieren — ausserordentliche Schwierigkeiten darbietet. Gewöhnlich hat es hier den Anschein, als ob dieselben nicht aus einem der beiden primären, sondern aus einem der vier secundären Keimblätter entstünden. Wenn dieselben hier, wie die meisten Autoren annehmen, zuerst im Mittelblatt oder Mesoderm auftreten, so

beruht das auf einer ontogenetischen Ortsverschiebung oder Heterotopie (vergl. S. 11). Denn will man nicht die unberechtigte und paradoxe Annahme aufstellen, dass die Geschlechts-Zellen bei den höheren Thieren einen ganz anderen Ursprung haben als bei den niederen, so wird man sie bei jenen wie bei diesen ursprünglich (phylogenetisch!) von einem der beiden primären Keimblätter ableiten müssen. Man muss dann annehmen, dass diejenigen Zellen des Hautblattes oder des Darmblattes, welche als die ältesten Vorfahren der Spermazellen und der Eizellen zu betrachten sind, während der Abspaltung des Hautfaserblattes vom Hautsinnesblatte oder des Darmfaserblattes vom Darmdrüsenblatte sich nach innen in die entstehende Leibeshöhle zurückgezogen und so die innere Lagerung zwischen beiden Faserblättern erworben haben, welche beim ersten Deutlichwerden der Geschlechtszellen im Wirbelthier-Embryo als die ursprüngliche erscheint. Andernfalls müsste man sich zu der unwahrscheinlichen polyphyletischen Hypothese bequemen, dass die Eizellen und Spermazellen bei höheren und niederen Thieren verschiedenen Ursprungs seien, bei ersteren unabhängig von letzteren entstanden.

Wenn wir demnach jetzt beim Menschen wie bei allen übrigen Thieren phylogenetisch die beiderlei Geschlechtszellen von den beiden primären Keimblättern ableiten, so entsteht die weitere Frage: Sind die weiblichen Eizellen und die männlichen Spermazellen aus beiden primären Keimblättern oder nur aus einem von beiden entstanden? und in letzterem Falle: aus welchem von beiden? Diese wichtige und interessante Frage gehört zu den schwierigsten und dunkelsten Problemen der Entwickelungsgeschichte, und ist es bis zum gegenwärtigen Augenblick noch nicht gelungen, darüber volle Klarheit zu erlangen. Im Gegentheil werden von namhaften Naturforschern noch heute die verschiedensten Antworten darauf gegeben. Unter den verschiedenen Möglichkeiten, die sich hier bieten, sind gewöhnlich nur zwei ins Auge gefasst worden. Man hat nämlich angenommen, dass beiderlei Geschlechtszellen aus demselben primären Keimblatte ursprünglich entstanden seien, entweder aus dem Hautblatte oder aus dem Darmblatte. Aber fast ebenso viele und angesehene Beobachter haben die eine, wie die andere Quelle vertreten. In neuester Zeit behauptet dagegen der ausgezeichnete belgische Naturforscher Eduard van Beneden, dass sich die Eizellen aus dem Darmblatt, hingegen die Spermazellen aus dem Hautblatt entwickeln. Bei den Gastraeaden, den Spongien und Hydromedusen scheint das wirklich der Fall zu sein. Die

Ausbildung des Gegensatzes der beiden Geschlechter, die so unendlich folgenreich ist, würde demnach schon während der Differenzirung der beiden primären Keimblätter bei den einfachsten und niedersten Pflanzenthieren begonnen haben: das Exoderm würde das männliche Keimblatt und das Entoderm das weibliche Keimblatt sein. Sollte sich diese wichtige Entdeckung VAN BENEDEN's bestätigen und als allgemein gültiges Gesetz herausstellen, so würde damit die Biologie einen Fortschritt von grosser Tragweite thun. Denn nicht allein würde damit klares Licht in das dunkle Gewirr widersprechender empirischer Vorstellungen fallen, sondern auch eine neue Bahn philosophischer Reflexion für einen der wichtigsten biogenetischen Processe eröffnet werden.

Verfolgen wir nun weiter die Phylogenie der Geschlechts-Organe bei unseren ältesten Metazoen-Ahnen, wie sie uns noch heute durch die vergleichende Anatomie und Ontogenie der niedersten Würmer und Pflanzenthiere vor Augen gelegt wird, so haben wir als ersten Fortschritt die Sammlung der beiderlei Geschlechtszellen in bestimmte Gruppen hervorzuheben. Während bei den Schwämmen und niedersten Hydra-Polypen einzelne zerstreute Zellen aus den Zellenschichten der beiden primären Keimblätter sich absondern, isoliren und als Geschlechts-Zellen frei werden, finden wir dieselben bei den höheren Pflanzenthieren und Würmern associirt und gruppenweise in sociale Haufen zusammengedrängt, die wir nunmehr als »Geschlechtsdrüsen« oder »Keimdrüsen« (*Gonades*) bezeichnen. Erst jetzt können wir von Geschlechts-Organen in morphologischem Sinne sprechen. Die weiblichen Keimdrüsen, die demgemäss in ihrer einfachsten Form einen Haufen von gleichartigen Eizellen darstellen, sind die Eierstöcke (*Ovaria* oder *Oophora*; Fig. 211 *e*, S. 535). Die männlichen Keimdrüsen, die ebenso in ihrer ältesten Anlage bloss aus einem Haufen von Spermazellen bestehen, sind die Hoden (*Testiculi* oder *Orchides*; Fig. 211 *h*). In dieser ältesten und einfachsten Gestalt treffen wir die Eierstöcke und Hoden nicht allein bei vielen Würmern (Anneliden) und Pflanzenthieren, sondern auch noch bei den niedersten Wirbelthieren, den Schädellosen. Wie Sie sich aus der Anatomie des Amphioxus noch erinnern werden, finden wir hier die Eierstöcke beim Weibchen und die Hoden beim Männchen in Gestalt von 20—30 elliptischen oder rundlich-viereckigen einfachen Säckchen, welche beiderseits des Darmes innen an der Kiemenhöhle liegen (S. 341).

Bei sämmtlichen Schädelthieren finden wir nur Ein Paar Keim-

drüsen, und diese liegen tief im Grunde der Leibeshöhle (Fig. 316 *g*). Ihre ersten Spuren werden hier im Coelom-Epithel sichtbar. Wahrscheinlich stammen auch hier die männlichen Spermazellen ursprünglich vom Hautblatt, hingegen die weiblichen Eizellen vom Darmblatt ab. Ihre ersten Spuren im Embryo werden dort sichtbar, wo in der »Mittelplatte oder Gekrösplatte« das Hautfaserblatt und Darmfaserblatt an einander stossen (Fig. 318 *mp*, S. 699). An dieser **kritischen Stelle der Coelom-Wand, wo das Endocoelar** (oder das viscerale Coelom-Epithel) **übergeht in das Exocoelar** (oder das parietale Coelom-Epithel), wird beim Embryo des Menschen und der übrigen Schädelthiere schon frühzeitig eine kleine Zellen-Anhäufung bemerkbar, welche wir nach WALDEYER[195] das »Keim-Epithel« oder (in Uebereinstimmung mit den übrigen plattenförmigen Organ-Anlagen) die **Geschlechtsplatte** nennen können (Fig. 316 *g*; Taf. IV, Fig. 5 *k*). Die Zellen dieser Keimplatte oder Geschlechtsplatte (*Lamella sexualis*) zeichnen sich durch ihre cylindrische Form und chemische Zusammensetzung wesentlich vor den übrigen Coelom-Zellen aus: sie haben eine andere Bedeutung als die platten Zellen des »serösen Coelom-Epithels«, welche den übrigen Theil der Leibeshöhle auskleiden. Von diesen letzteren, den eigentlichen »Coelom-Zellen«, stammen diejenigen, welche das Darmrohr und das Gekröse

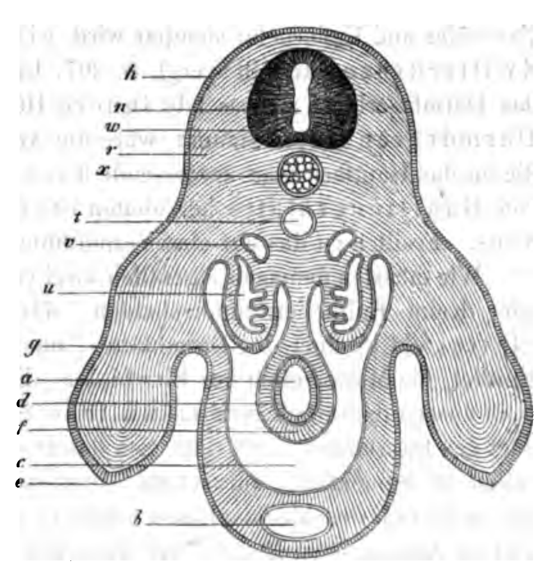


Fig. 316.

Fig. 316. Querschnitt durch die Beckengegend und die Hinterbeine eines Hühner-Embryo vom vierten Brütetage, etwa 40 mal vergrössert. *h* Hornplatte. *w* Markrohr. *n* Canal des Markrohrs. *u* Urnieren. *x* Chorda. *e* Hinterbeine. *b* Allantois-Canal in der Bauchwand. *t* Aorta. *v* Cardinal-Venen. *a* Darm. *d* Darmdrüsenblatt. *f* Darmfaserblatt. *g* Keim-Epithel. *r* Rückenmuskeln. *c* Leibeshöhle oder Coelom. (Nach WALDEYER.)

oder Mesenterium überkleiden (»*Endocoelar*«), vom Darmfaserblatte ab (in Fig. 5, Taf. IV roth gemalt): diejenigen, welche die Innenfläche der äusseren Leibeswand auskleiden (»*Exocoelar*«), sind hingegen Abkömmlinge des Hautfaserblattes (in Fig. 5, Taf. IV blau gemalt). Die Geschlechtszellen oder Sexual-Zellen aber, welche an der Grenze der beiderlei Coelom-Zellen auftreten, sich gewissermaassen zwischen Endocoelar und Exocoelar einschieben und hier die Keimplatte bilden, dürften ursprünglich weder vom Darmfaserblatt noch vom Hautfaserblatt abzuleiten sein, sondern direct von den beiden primären Keimblättern. Denn es bleibt aus wichtigen Gründen sehr wahrscheinlich, dass bereits die erste Anlage der Keimplatte hermaphroditisch ist, und dass dieses »Keimepithel« (wie es beim Menschen und allen anderen Wirbelthieren zwischen Exocoelar und Endocoelar sichtbar wird) eine uralte einfachste Zwitterdrüse darstellt (vergl. S. 207, Fig. 52—56 *e, h*). Die an das Darmfaserblatt anstossende innere Hälfte derselben, die vom Darmdrüsenblatte stammt, wäre die Anlage des Eierstockes: die an das Hautfaserblatt anstossende äussere Hälfte derselben, die vom Hautsinnesblatte herzuleiten ist, wäre die Anlage des Hodens. Freilich ist das nur eine Vermuthung!

Wir müssten demnach eigentlich zwei verschiedene Sexualplatten oder Keim-Epithelien unterscheiden: die weibliche Sexualplatte, ein Product des Darmblattes, aus dem sich das Eierstocks-Epithel, die Mutterzellen der Eier bilden (»Eierstocksplatte«): und die nach aussen daran gelegene männliche Sexualplatte, ein Product des Hautblattes, aus dem sich das Hoden-Epithel, die Mutterzellen der Samenfäden entwickeln (»Hodenplatte«). Freilich erscheinen beiderlei Geschlechtsplatten schon in der ersten wahrnehmbaren Anlage beim Embryo des Menschen und der höheren Wirbelthiere so unmittelbar neben einander, dass man sie bisher für eine einzige gemeinsame, indifferente Organ-Anlage gehalten hat: und es bleibt immerhin möglich, dass in der That beiderlei Geschlechtsdrüsen durch nachträgliche Sonderung aus einer solchen entstehen.

Während wir in der Ausbildung der beiderlei Sexual-Zellen und in ihrer Vereinigung bei der Befruchtung das einzige wesentliche Moment der geschlechtlichen Fortpflanzung erblicken müssen, finden wir doch daneben bei der grossen Mehrzahl der Thiere noch andere, bei der Fortpflanzung thätige Organe vor. Die wichtigsten von diesen secundären Geschlechts-Organen sind die Ausführgänge, welche zur Abführung der reifen Ge-

schlechtszellen aus dem Körper dienen, und demnächst die Begattungs-Organe, welche die Uebertragung des befruchtenden Sperma von der männlichen Person auf die eierhaltige weibliche Person vermitteln. Die letzteren kommen nur bei höheren Thieren verschiedener Stämme vor und sind viel weniger allgemein verbreitet als die Ausführgänge. Allein auch diese sind secundär entstanden und fehlen vielen Thieren der niederen Gruppen. Hier werden die reifen Geschlechtszellen meistens direct nach aussen entleert. Bald treten sie unmittelbar durch die äussere Hautdecke nach aussen (Hydra und viele Hydroiden); bald fallen sie in die Magenhöhle und werden durch die Mundöffnung ausgeworfen (Gastraeaden, Spongien, andere Hydra-Polypen und Korallen); bald fallen sie in die Leibeshöhle und werden durch ein besonderes Loch der Bauchwand (*Porus genitalis*) entleert. Das letztere ist bei vielen Würmern, aber auch noch bei einigen niederen Wirbelthieren der Fall (Cyclostomen, einige Fische). Diese belehren uns über die ältesten Verhältnisse, die bei unseren Vorfahren in dieser Beziehung bestanden. Hingegen finden wir bei allen höheren und bei den meisten niederen Wirbelthieren (wie auch bei den meisten höheren wirbellosen Thieren) in beiden Geschlechtern besondere röhrenförmige Ausführgänge der Geschlechtszellen oder »Geschlechtsleiter« (*Gonophori*). Beim weiblichen Geschlechte führen dieselben die Eizellen aus den Eierstöcken nach aussen ab und werden daher Eileiter genannt (*Oviductus* oder *Tubae Fallopiae*). Beim männlichen Geschlechte leiten diese Röhren die Spermazellen aus den Hoden nach aussen und heissen daher Samenleiter (*Spermaductus* oder *Vasa deferentia*).

Das ursprüngliche und genetische Verhalten dieser beiderlei Ausführgänge ist bei dem Menschen ganz dasselbe wie bei den übrigen höheren Wirbelthieren, und ganz verschieden von demjenigen der meisten wirbellosen Thiere. Während nämlich hier meistens die Geschechtsleiter unmittelbar von den Keimdrüsen oder von der äusseren Haut oder vom Darmcanal aus sich entwickeln, wird bei den Wirbelthieren zur Ausführung der Geschlechtsproducte ein selbstständiges Organ-System verwendet, welches ursprünglich eine ganz andere Bedeutung und Function besass, nämlich das Nierensystem oder die Harnorgane. Diese Organe haben ursprünglich und primär bloss die Aufgabe, unbrauchbare Stoffe in flüssiger Form aus dem Körper auszuscheiden. Das von ihnen bereitete flüssige Ausscheidungs-Product wird als Harn (*Urina*) bezeichnet und entweder unmittelbar durch die äussere Haut oder durch den letzten Abschnitt des

Darmes nach aussen entleert. Erst in zweiter Linie, erst secundär nehmen die röhrenförmigen »Harnleiter« auch die Geschlechtsproducte aus dem Inneren auf und führen sie nach aussen ab. Sie werden so zu »Harngeschlechtsleitern« (*Ductus urogenitales*). Diese merkwürdige secundäre Vereinigung der Harnorgane und Geschlechtsorgane zu einem gemeinsamen »Harngeschlechtsapparat« oder »Urogenital-System« ist für die höheren Wirbelthiere sehr charakteristisch. Sie fehlt jedoch noch den niedersten und kommt andererseits auch bereits bei den höheren Ringelwürmern vor, bei den Anneliden. Um dieselbe richtig zu würdigen, müssen wir zunächst einen vergleichenden Blick auf die Einrichtung der Harnorgane überhaupt werfen.

Das Nierensystem oder »Harnsystem« (*Systema uropoeticum*) gehört zu den ältesten und wichtigsten Organ-Systemen des differenzirten Thierkörpers, wie schon früher gelegentlich hervorgehoben wurde (vergl. den XVII. Vortrag). Wir finden dasselbe nicht allein in den höheren Thierstämmen, sondern auch in dem älteren Stamme der Würmer fast allgemein verbreitet vor. Hier treffen wir es sogar bei den niedersten und unvollkommensten Würmern an, die wir kennen, bei den Plattwürmern (Fig. 184 *nc*, S. 441). Obgleich diese »Acoelomen«-Würmer noch keine Leibeshöhle, kein Blut, kein Gefässsystem besitzen, ist dennoch das Nierensystem allgemein bei ihnen vorhanden. Es besteht aus einem Paar einfacher oder verzweigter Canäle, die mit einer Zellenschicht ausgekleidet sind, unbrauchbare Säfte aus den Geweben aufsaugen und diese durch eine äussere Hautöffnung abführen (Fig. 184 *nm*). Nicht allein die freilebenden Strudelwürmer, sondern auch die parasitischen Saugwürmer, ja sogar die noch weiter entarteten Bandwürmer, welche in Folge parasitischer Lebensweise ihren Darmcanal verloren haben, sind mit solchen »Harncanälen« oder Urnieren ausgestattet. Gewöhnlich werden dieselben bei den Würmern als Ausscheidungs-Röhren oder »Excretions-Organe« bezeichnet, früher auch oft als Wassergefässe. Dieselben sind phylogenetisch als mächtig entwickelte schlauchförmige Hautdrüsen aufzufassen, ähnlich den Schweissdrüsen der Säugethiere, und gleich diesen aus dem Hautsinnesblatte entstanden. Vergl. Fig. 210 *n*, S. 535 und Fig. 214, S. 538.

Während bei diesen niedersten ungegliederten Würmern nur ein einziges Paar Nierencanäle vorhanden ist, treten dieselben bei den höher stehenden gegliederten Würmern in grösserer Zahl auf. Bei den Ringelwürmern (*Annelides*), deren Körper aus einer grossen Zahl von Gliedern oder Metameren zusammengesetzt ist, findet sich in jedem

einzelnen Gliede oder »Segmente« ein Paar solcher Urnieren vor (daher »Segmental-Canäle oder Segmental-Organe« genannt). Auch hier sind sie noch ganz einfache Röhren; wegen ihrer gewundenen oder schleifenartig zusammengelegten Form werden sie oft als »Schleifencanäle« bezeichnet. Zu der ursprünglich allein vorhandenen, primären, äusseren Oeffnung in der Oberhaut tritt aber jetzt eine zweite, secundäre innere Oeffnung in die Leibeshöhle oder in das Coelom hinein. Diese Oeffnung ist mit strudelnden Flimmerhaaren ausgestattet und kann demnach unmittelbar die auszuscheidenden Säfte aus der Leibeshöhle aufnehmen und nach aussen abführen. Nun fallen aber bei diesen Würmern auch die Geschlechtszellen, die sich in einfachster Form an der Innenfläche der Leibeswand entwickeln, nach erlangter Reife in das Coelom hinein, werden ebenfalls von den trichterförmigen inneren Flimmer-Oeffnungen der Nierencanäle verschluckt und mit dem Harne nach aussen abgeführt. Die harnbildenden »Schleifencanäle« oder »Urnieren« dienen demnach bei den weiblichen Ringelwürmern zugleich als »Eileiter«, bei den männlichen als »Samenleiter«.

Sie werden nun gewiss gespannt sein, zu erfahren, wie sich in dieser Beziehung der Amphioxus verhält, der wegen seiner Mittelstellung zwischen Würmern und Wirbelthieren uns so viele bedeutende Aufschlüsse giebt. Leider lässt er uns aber diesmal vorläufig im Stich. Wir wissen nämlich gerade über die Beziehungen der Harn- und Geschlechts-Organe beim Amphioxus zur Zeit noch nichts Sicheres. Einige Zoologen sprechen ihm die Nieren ganz ab: andere halten die beiden langen »Seitencanäle« für rückgebildete »Urnierengänge« (S. 339, Fig. 152 *S*); noch andere halten drüsige Epidermis-Wülste an der Innenfläche der Kiemenhöhle für rudimentäre Nieren (S. 341). Höchst wahrscheinlich hat beim Amphioxus eine starke Rückbildung der ursprünglichen Urnieren-Canäle stattgefunden, vielleicht sogar ein völliger phylogenetischer Verlust.

Sehr interessante Aufschlüsse liefern uns dagegen die nächst höheren Wirbelthiere, die Monorhinen oder Cyclostomen. Obgleich beide Ordnungen dieser Klasse, sowohl die Myxinoiden als die Petromyzonten, entwickelte harnabscheidende Nieren besitzen, so dienen dieselben hier doch nicht zur Abführung der Geschlechtszellen. Vielmehr fallen letztere aus den Keimdrüsen direct in das Coelom und werden durch ein hinten gelegenes Bauchloch nach aussen entleert. Hingegen ist das Verhalten der Urnieren hier sehr merkwürdig und erklärt uns die verwickelte Nierenbildung der höheren Wirbelthiere.

Wir finden nämlich zunächst bei den Myxinoiden (*Bdellostoma*) jederseits ein langgestrecktes Rohr, den »**Urnierengang**« (*Protureter*. Fig. 317 *a*). Dieser mündet innen in das Coelom durch eine flimmernde trichterförmige Oeffnung (wie bei den Ringelwürmern), aussen durch eine Oeffnung der äusseren Haut. An seiner inneren Seite münden eine grosse Anzahl von kleinen Quercanälchen ein (»Segmental-Canäle oder Urharncanälchen«, *b*). Jedes dieser letzteren endigt blind in eine blasenförmig aufgetriebene Kapsel (*c*), und diese umschliesst einen Blutgefässknäuel (*Glomerulus*, ein arterielles »Wundernetz«, Fig. 317 *Bc*). Einführende Arterien-Aestchen (*Vasa afferentia*) leiten arterielles Blut in die gewundenen Verästelungen des »Glomerulus« hinein (*d*) und ausführende Arterien-Aestchen (*Vasa efferentia*) leiten dasselbe wieder aus dem Wundernetz heraus (*e*).

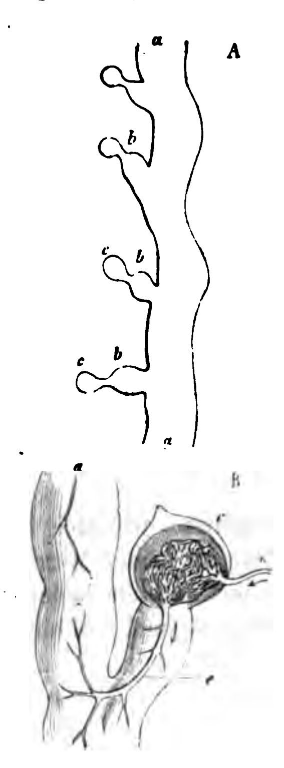


Fig. 317.

Auch bei den **Selachiern** findet sich jederseits eine Längsreihe von Segmental-Canälen, welche aussen in die Urnierengänge einmünden. Die Segmental-Canäle (ein Paar in jedem Metamer des mittleren Körpertheiles) öffnen sich hier innen frei in die Leibeshöhle, durch einen wimpernden Trichter, (ähnlich wie bei den Ringelwürmern). Aus einem Theile dieser Organe bildet sich eine compacte Urniere, während ein anderer Theil in die Bildung der Geschlechtsorgane übergeht.

Ganz in derselben einfachsten Form, welche bei den Myxinoiden und theilweise bei den Selachiern zeitlebens bestehen bleibt, wird die **Urniere** beim Embryo des Menschen und aller übrigen Schädelthiere zuerst angelegt. Sie erinnern sich, dass wir dieselbe beim menschlichen Embryo schon in jener frühen Periode antrafen, in welcher eben

Fig. 317. *A* Ein Stück Niere von Bdellostoma. *a* Urnierengang (*Protureter*). *b* Segmental-Canäle oder Urharncanälchen (*Tubuli uriniferi*). *c* Nierenbläschen (*Capsulae Malpighianae*). — *B* Ein Stück derselben, stärker vergrössert. *c* Nierenbläschen mit dem *Glomerulus*. *d* zuführende Arterie. *e* abführende Arterie. Nach JOHANNES MÜLLER.

erst im Hautsinnesblatte die Sonderung des Markrohrs von der Hornplatte, sowie im Hautfaserblatte die Differenzirung von Chorda, Urwirbelplatte und Hautmuskelplatte erfolgt ist. Als erste Anlage der Urniere oder »Primordial-Niere« erscheint hier jederseits unmittelbar unter der Hornplatte ein langer, dünner, fadenartiger Zellenstrang, welcher sich bald zu einem Canal aushöhlt, gerade von vorn nach hinten zieht und auf dem Querschnitte des Embryo (Fig. 318) seine



Fig. 318.

ursprüngliche Lage in der Lücke zwischen Hornplatte (*h*), Urwirbeln (*uw*) und Hautmuskelplatte (*hpl*) deutlich zeigt. Ueber den ersten Ursprung dieses »Urnierenganges« wird noch gestritten, indem die einen Ontogenisten ihn von der Hornplatte, andere von der Urwirbelplatte, noch andere von der Hautmuskelplatte ableiten. Wahrscheinlich ist sein ältester (phylogenetischer!) Ursprung im Hautsinnesblatte zu suchen. Sehr bald verliert er aber seine oberflächliche Lage, wandert zwischen Urwirbelplatten und Seitenplatten hindurch nach innen hinein und kommt schliesslich an die innere Fläche der Leibeshöhle zu liegen. (Vergl. Fig. 66—69 *u*, S. 224; Fig. 95—98, S. 254; sowie Taf. IV, Fig. 3—6 *u*). Während dieser Wanderung des Urnierenganges entstehen an seiner inneren und unteren Seite eine grosse Anzahl von kleinen queren Canälchen (Fig. 319 *a*), entsprechend den Segmental-Canälen der Myxinoiden (Fig. 317 *b*). Wahrscheinlich sind dieselben, gleich den letzteren, ursprünglich Ausstülpungen des Urnierenganges (Fig. 316 *u*). Am blinden inneren Ende jedes »Urharncanälchens« entsteht ein arterielles Wundernetz, welches in dieses blinde Ende von innen her hineinwächst und so einen »Gefässknäuel« (*Glomerulus*) bildet. Der Glomerulus stülpt gewissermaassen das

---

Fig. 318. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens vom zweiten Brütetage. *h* Hornplatte. *m* Markrohr. *ung* Urnierengang. *ch* Chorda. *uw* Urwirbelstrang. *hpl* Hautfaserblatt. *df* Darmfaserblatt. *mp* Gekrösplatte oder Mittelplatte (Verbindungsstelle beider Faserblätter). *sp* Leibeshöhle (Coelom). *ao* Primitive Aorta. *dd* Darmdrüsenblatt. Nach Kölliker.

blasenförmig aufgetriebene blinde Ende des Harncanälchens in sich selbst hinein. Indem sich die anfangs sehr kurzen Urharncanälchen verlängern und vermehren, erhält jede der beiden Urnieren die Form eines halbgefiederten Blattes (Fig. 320). Die Fiederblättchen werden

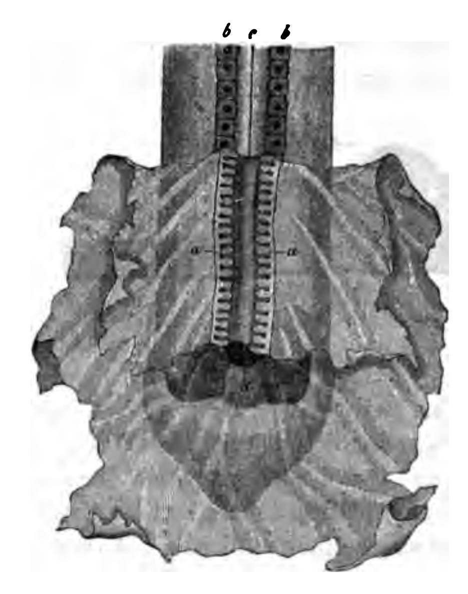


Fig. 319.

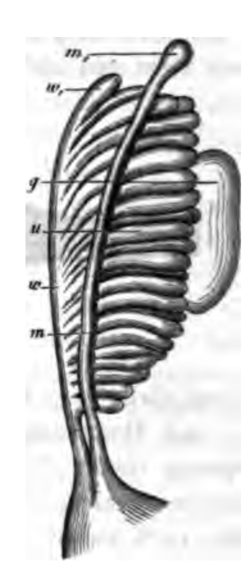


Fig. 320.

durch die Harncanälchen (u), die Blattrippe durch den aussen davon gelegenen Urnierengang (w) dargestellt. Am Innenrande der Urniere ist jetzt bereits als ansehnlicher Körper die Anlage der zwitterigen Geschlechtsdrüse sichtbar (g). Das hinterste Ende des Urnierenganges mündet ganz hinten in den letzten Abschnitt des Mastdarms ein, wodurch sich dieser zur Kloake gestaltet. Jedoch ist diese Einmündung der Urnierengänge in den Darmcanal phylogenetisch als ein secundäres Verhältniss zu betrachten. Ursprünglich münden sie, wie die Cyclostomen deutlich beweisen, ganz unabhängig vom Darm-

---

Fig. 319. Urnieren-Anlage eines Hunde-Embryo. Das hintere Körperende des Embryo ist von der Bauchseite gesehen und durch das Darmblatt des Dottersackes bedeckt, welches abgerissen und vorn zurückgeschlagen ist, um die Urnierengänge mit den Urharncanälchen (a) zu zeigen. *b* Urwirbel. *c* Rückenmark. *d* Eingang in die Beckendarmhöhle. Nach BISCHOFF.

Fig. 320. Urniere eines menschlichen Embryo. *u* die Harncanälchen der Urniere. *w* Wolff'scher Gang. *w'* oberstes Ende desselben (Morgagni'sche Hydatide). *m* Müller'scher Gang. *m'* oberstes Ende desselben (Fallopische Hydatide). *g* Zwitterdrüse. Nach KOBELT.

canal durch die äussere Bauchhaut aus und verrathen dadurch ihren ältesten phylogenetischen Ursprung aus der Hornplatte, als äussere Hautdrüsen.

Während bei den Myxinoiden die Urnieren zeitlebens jene einfache Bildung beibehalten und ein Theil derselben auch bei den Urfischen bestehen bleibt, tritt sie bei allen übrigen Schädelthieren nur rasch vorübergehend im Embryo auf, als ontogenetische Wiederholung jenes uralten phylogenetischen Zustandes. Sehr bald gestaltet sich hier die Urniere durch üppige Wucherung, Verlängerung, Vermehrung und Schlängelung der Harncanälchen zu einer ansehnlichen compacten Drüse von langgestreckter, ovaler oder spindelförmiger Gestalt, die der Länge nach durch den grössten Theil der embryonalen Leibeshöhle hindurchgeht (Fig. 123 *m*, 124 *m*, S. 298). Sie liegt hier nahe der Mittellinie, unmittelbar unter der primitiven Wirbelsäule und reicht von der Herzgegend bis zur Kloake hin. Rechte und linke Urniere liegen parallel, ganz nahe neben einander, nur durch das Gekröse oder Mesenterium von einander getrennt; jenes schmale dünne Blatt, welches den Mitteldarm an der unteren Fläche der Urwirbelsäule anheftet. Der Ausführgang jeder Urniere, der Protureter, verläuft an der unteren und äusseren Seite der Drüse nach hinten und mündet in die Kloake, ganz nahe an der Abgangsstelle der Allantois; später mündet er in die Allantois selbst (Fig. 136 *o*, S. 306).

Die Urniere oder Primordial-Niere wurde beim Embryo der Amnioten früher bald als »Wolff'scher Körper«, bald als »Oken'scher Körper« bezeichnet. Sie fungirt überall eine Zeit lang wirklich als Niere, indem sie unbrauchbare Säfte aus dem Embryo-Körper aufsaugt, abscheidet und in die Kloake, sodann in die Allantois abführt. Hier sammelt sich der »Urharn« an, und die Allantois fungirt demnach bei den Embryonen des Menschen und der übrigen Amnioten wirklich als Harnblase oder »Urharnsack«. Jedoch steht dieselbe in gar keinem genetischen Zusammenhang mit den Urnieren, ist vielmehr, wie Sie wissen, eine taschenförmige Ausstülpung aus der vorderen Wand des Enddarmes (Fig. 135 *u*, S. 305). Die Allantois ist daher ein Product des Darmblattes, während die Urnieren ein Product des Hautblattes sind. Phylogenetisch müssen wir uns denken, dass die Allantois als beutelförmige Ausstülpung der Kloakenwand in Folge der Ausdehnung entstand, die der von den Urnieren ausgeschiedene und in der Kloake angesammelte Urharn veranlasste. Sie ist ursprünglich ein Blindsack des Mastdarmes (Taf. V, Fig. 15 *hb*). So ist offenbar die wahre Harnblase der Wirbelthiere zuerst unter den Di-

pneusten (bei Lepidosiren) aufgetreten und hat sich von da zunächst auf die Amphibien und von diesen auf die Amnioten vererbt. Beim Embryo der letzteren wächst sie weit aus der noch nicht geschlossenen Bauchwand hervor. Allerdings besitzen auch viele Fische schon eine sogenannte »Harnblase«. Allein diese ist weiter nichts als eine locale Erweiterung im unteren Abschnitte der Urnierengänge, also nach Ursprung und Zusammensetzung wesentlich von jener wahren Harnblase verschieden. Nur physiologisch sind beide Bildungen vergleichbar, also analog, weil sie dieselbe Function haben; aber morphologisch sind sie gar nicht zu vergleichen, also nicht homolog[188]. Die falsche Harnblase der Fische ist ein Product der Urnierengänge, also ein Abkömmling des Hautblattes; hingegen ist die wahre Harnblase der Dipneusten, Amphibien und Amnioten ein Blindsack des Enddarms, mithin ein Abkömmling des Darmblattes.

Bei allen niederen, amnionlosen Schädelthieren (bei den Cyclostomen, Fischen, Dipneusten und Amphibien) bleiben die Harnorgane insofern auf einer niederen Bildungsstufe stehen, als die Urnieren oder die primären Nieren (*Protonephra*) hier zeitlebens (obwohl vielfach modificirt) als harnabscheidende Drüsen fungiren. Hingegen ist das bei den drei höheren Wirbelthier-Klassen, die wir als Amnioten zusammenfassen, nur während des früheren Embryo-Lebens vorübergehend der Fall. Sehr bald entwickeln sich nämlich hier die nur diesen drei Klassen eigenthümlichen Nachnieren (*Renes* oder *Metanephra*), die sogenannten »bleibenden Nieren« oder secundären Nieren. Diese entstehen nicht (wie man nach REMAK lange Zeit glaubte) als ganz neue selbstständige Drüsen aus dem Darmrohr, sondern aus dem hintersten Abschnitte des Urnierenganges oder des Protureter. Hier wächst aus demselben, nahe seiner Einmündungsstelle in die Kloake, ein einfacher Schlauch, der secundäre Nierengang hervor, der sich nach vorn hin bedeutend verlängert. Aus seinem blinden oberen oder vorderen Theile entsteht die bleibende Niere, und zwar ganz ebenso wie die Urniere aus dem Urnierengang. Es wuchern nämlich aus dem secundären Nierengang zahlreiche kleine Blindröhrchen hervor, die secundären Harncanälchen, und das blinde kapselförmig erweiterte Ende derselben wird durch Gefässknäuel eingestülpt (*Glomeruli*). Durch Wucherung derselben entsteht die compacte Nachniere, die beim Menschen und den meisten höheren Säugethieren die bekannte Bohnenform erhält, hingegen bei den niederen Säugethieren, Vögeln und Reptilien meist in viele Lappen zerfällt. Der untere oder hintere Abschnitt des Nachnierenganges

bleibt ein einfacher Canal, erweitert sich und bildet so den bleibenden Harnleiter (*Ureter*). Anfangs mündet dieser Canal noch vereint mit dem letzten Abschnitt des Urnierenganges in die Kloake ein, später getrennt von demselben und zuletzt getrennt vom Mastdarm in die bleibende Harnblase (*Vesica urinaria*). Diese letztere entsteht aus dem hintersten oder untersten Theile des Allantois-Stieles (*Urachus*), der sich vor der Einmündung in die Kloake spindelförmig erweitert. Der vordere oder obere Theil des Allantois-Stieles, der in der Bauchwand des Embryo zum Nabel verläuft, verwächst später und es bleibt nur ein unnützer strangförmiger Rest desselben als rudimentäres Organ bestehen: das ist das »unpaare Harnblasen-Nabelband« (*Ligamentum vesico-umbilicale medium*). Rechts und links von demselben verlaufen beim erwachsenen Menschen ein paar andere rudimentäre Organe: die seitlichen Harnblasen-Nabelbänder (*Ligamenta vesico-umbilicalia lateralia*). Das sind die verödeten strangförmigen Reste der früheren Nabel-Arterien (*Arteriae umbilicales*, S. 320; Fig. 326 *a*).

Während beim Menschen, wie bei allen anderen Amnionthieren, die Urnieren dergestalt schon frühzeitig durch die secundären Nieren verdrängt werden, und die letzteren später allein als Harnorgane fungiren, gehen doch keineswegs alle Theile der ersteren verloren. Vielmehr erlangen die Urnierengänge eine grosse physiologische Bedeutung dadurch, dass sie sich in die Ausführgänge der Geschlechtsdrüsen verwandeln. Bei allen Amphirhinen oder Gnathostomen — also bei allen Wirbelthieren von den Fischen aufwärts bis zum Menschen — entsteht nämlich schon sehr früh beim Embryo neben dem Urnierengange jederseits ein zweiter ähnlicher Canal. Gewöhnlich wird dieser letztere nach seinem Entdecker JOHANNES MÜLLER als Müller'scher Gang (*Ductus Mülleri*), der erstere im Gegensatz dazu als Wolff'scher Gang (*Ductus Wolffii*) bezeichnet. Der erste Ursprung des Müller'schen Ganges ist noch dunkel: doch scheint die vergleichende Anatomie und Ontogenie zu lehren, dass er durch Abspaltung oder Differenzirung aus dem Wolff'schen Gange hervorgeht. Wahrscheinlich wird es am richtigsten sein, zu sagen: »der ursprüngliche (primäre) Urnierengang zerfällt durch Differenzirung (oder Spaltung) in zwei secundäre Urnierengänge: den Wolff'schen und den Müller'schen Gang.« Der letztere (Fig. 320 *w*) liegt unmittelbar an der Innenseite des ersteren (Fig. 320 *m*). Beide münden hinten in die Kloake ein.

So unklar und unsicher die erste Entstehung des Müller'schen und des Wolff'schen Ganges, so klar und sicher gestellt ist ihr späteres

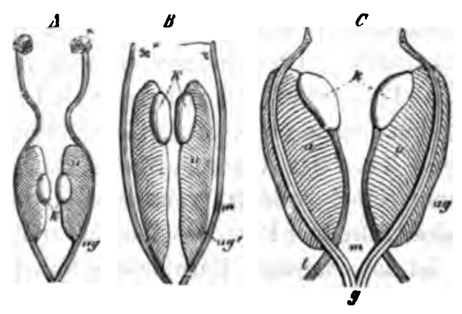


Fig. 321.

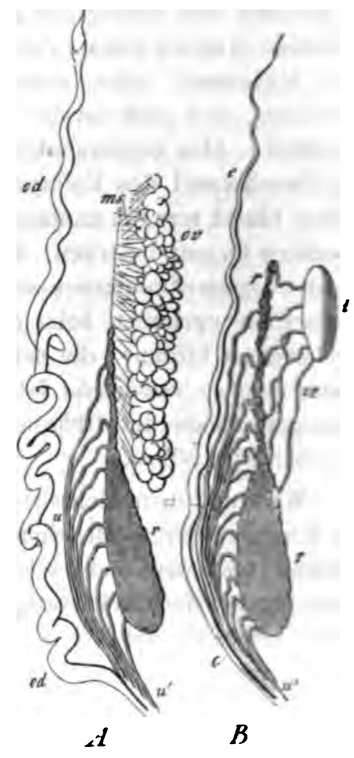


Fig. 322. Fig. 323.

Verhalten. Es verwandelt sich nämlich bei allen paarnasigen und kiefermündigen Wirbelthieren, von den Urfischen bis zum Menschen aufwärts, **der Wolff'sche Gang in den Samenleiter und der Müller'sche Gang in den Eileiter.** Bei beiden Geschlechtern bleibt nur einer derselben bestehen: der andere verschwindet ganz, oder nur Reste desselben bleiben als rudimentäre Organe übrig. Beim männlichen Geschlechte, wo sich die beiden Wolff'schen Gänge zu Spermaducten ausbilden, findet man oft Rudimente der Müller'schen Gänge, die wir als »Rathke'sche Canäle« bezeichnen wollen (Fig. 323*c*). Beim weiblichen Geschlechte, wo umgekehrt die beiden Müller'schen Gänge sich zu den

Fig. 321. Urnieren und Anlagen der Geschlechtsorgane. *A* und *B* von Amphibien (Froschlarven): *A* früherer, *B* späterer Zustand; *C* von einem Säugethier (Rinds-Embryo). *u* Urniere. *k* Geschlechtsdrüse (Anlage des Hodens und Eierstocks). Der primäre Urnierengang (*ug* in Fig. *A*) sondert sich (in *B* und *C*) in die beiden secundären Urnierengänge: Müller'scher Gang (*m*) und Wolff'scher Gang (*ug'*), beide hinten im Genitalstrang (*g*) sich vereinigend. *l* Leistenband der Urniere. Nach Gegenbaur.

Fig. 322. 323. Harnorgane und Geschlechtsorgane eines Amphibiums (Wassermolch oder Triton). Fig. 322 (*A*) von einem Weibchen. Fig. 323 (*B*) von einem Männchen. *r* Urniere. *ov* Eierstock. *od* Eileiter und *c* Rathke'scher Gang, beide aus dem Müller'schen Gang entstanden. *u* Urharnleiter beim Männchen zugleich als Samenleiter (*ve*) fungirend, unten in den Wolff'schen Gang (*u'*) einmündend. *ms* Eierstocks-Gekröse (Mesovarium). Nach Gegenbaur.

Oviducten ausbilden, bleiben Reste der Wolff'schen Gänge bestehen, welche den Namen der »Gartner'schen Canäle« führen.

Die interessantesten Aufschlüsse über diese merkwürdige Entwickelung der Urnierengänge und ihre Vereinigung mit den Geschlechtsdrüsen liefern uns die Amphibien (Fig. 321—323). Die

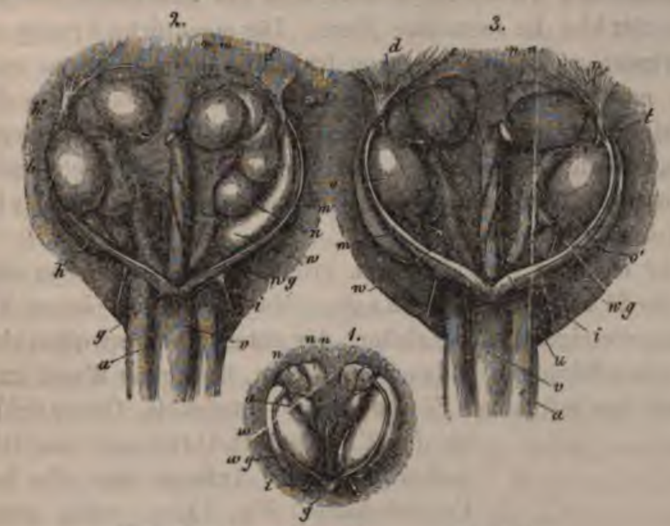


Fig. 325. Fig. 324. Fig. 326.

erste Anlage der Urnierengänge und ihre Differenzirung in Müller'sche und Wolff'sche Gänge ist hier bei beiden Geschlechtern ganz gleich, ebenso wie bei den Embryonen der Säugethiere (Fig. 321 *C*, 324). Bei den weiblichen Amphibien entwickelt sich der Müller'sche Gang jederseits zu einem mächtigen Eileiter (Fig. 322 *od*), während der Wolff'sche Gang zeitlebens als Harnleiter fungirt (*u*). Bei den männlichen Amphibien besteht hingegen der Müller'sche Gang nur noch als rudimentäres Organ ohne jede functionelle Bedeutung, als Rathke'scher Canal (Fig. 323 *c*); der Wolff'sche Gang dient hier zwar auch als Harnleiter, aber gleichzeitig als Samenleiter, indem die aus dem

---

Fig. 324—326. Harnorgane und Geschlechtsorgane von Rinds-Embryonen. Fig. 324. Von einem $1\frac{1}{2}$ Zoll langen weiblichen Embryo; Fig. 325 von einem $2\frac{1}{2}$ Zoll langen männlichen Embryo; Fig. 326 von einem $2\frac{1}{2}$ Zoll langen weiblichen Embryo. *w* Urniere. *wg* Wolff'scher Gang. *m* Müller'scher Gang. *m'* oberes Ende desselben (bei *t* geöffnet). *i* unterer verdickter Theil desselben (Anlage des Uterus). *g* Genitalstrang. *h* Hoden (*h'* unteres und *h''* oberes Hodenband). *o* Eierstock. *o'* unteres Eierstocksband. *i* Leistenband der Urniere. *d* Zwerchfellband der Urniere. *nn* Nebennieren. *n* bleibende Nieren; darunter die Sförmigen Harnleiter, zwischen beiden der Mastdarm. *v* Harnblase. *a* Nabelarterie. Nach Kölliker.

Hoden (*t*) austretenden Samencanälchen (*ve*) in den oberen Theil der Urniere eintreten und sich hier mit den Harncanälen vereinigen.

Bei den Säugethieren werden diese bei den Amphibien bleibenden Zustände vom Embryo in einer frühen Entwickelungs-Periode rasch durchlaufen (Fig. 321 *C*). An die Stelle der Urniere, die bei den amnionlosen Wirbelthieren zeitlebens das harnabscheidende Organ ist, tritt hier die secundäre Niere. Die eigentliche Urniere selbst verschwindet grösstentheils schon frühzeitig beim Embryo und es bleiben nur kleine Reste von derselben übrig. Beim männlichen Säugethiere entwickelt sich aus dem obersten Theile der Urniere der Nebenhoden (*Epididymis*); beim weiblichen Geschlecht entsteht aus demselben Theile ein unnützes rudimentäres Organ, der Nebeneierstock (*Parovarium*).

Sehr wichtige Veränderungen erleiden beim weiblichen Säugethiere die Müller'schen Gänge. Nur aus ihrem oberen Theile entstehen die eigentlichen Eileiter; der untere Theil erweitert sich zu einem spindelförmigen Schlauch mit dicker, fleischiger Wand, in welchem sich das befruchtete Ei zum Embryo entwickelt. Dieser Schlauch ist der Fruchtbehälter oder die Gebärmutter (*Uterus*). Anfangs sind die beiden Fruchtbehälter (Fig. 327 *u*) völlig getrennt und münden beiderseits der Harnblase *vu* in die Kloake ein, wie es bei den niedersten Säugethieren der Gegenwart, bei den Schnabelthieren, noch heute fortdauernd der Fall ist. Aber schon bei den Beutelthieren tritt eine Verbindung der beiderseitigen Müller'schen Gänge ein, und bei den Placentalthieren verschmelzen dieselben unten mit den rudimentären Wolff'schen Gängen zusammen in einen unpaaren »Geschlechtsstrang« (*Funiculus genitalis*). Die ursprüngliche Selbstständigkeit der beiden Fruchtbehälter und der aus ihren unteren Enden hervorgehenden Scheidencanäle bleibt aber auch noch bei vielen niederen Placentalthieren bestehen, während bei den höheren sich stufenweise ihre fortschreitende Verschmelzung zu einem einzigen un-

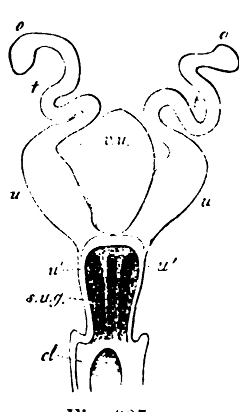


Fig. 327.

Fig. 327. Weibliche Geschlechtsorgane vom Schnabelthier (*Ornithorhynchus*, Fig. 195, 196). *o* Eierstöcke. *t* Eileiter. *u* Fruchtbehälter (Uterus). *su* Harngeschlechtshöhle (*Sinus urogenitalis*); hier münden bei *u'* die Fruchtbehälter ein. *cl* Kloake. Nach GEGENBAUR.

paaren Organe verfolgen lässt. Von unten (oder hinten) her schreitet die Verwachsung nach oben (oder vorn) hin immer weiter. Während bei vielen Nagethieren (z. B. Hasen und Eichhörnchen) noch zwei getrennte Uteri in den bereits unpaar gewordenen, einfachen Scheidencanal einmünden, sind bei anderen Nagethieren, sowie bei den Raubthieren, Walfischen und Hufthieren, die unteren Hälften beider Uteri schon in ein unpaares Stück verschmolzen, die oberen Hälften (die sogenannten »Hörner«) noch getrennt (»zweihörniger Fruchtbehälter«, *Uterus bicornis*). Bei den Fledermäusen und Halbaffen werden die oberen »Hörner« schon sehr kurz, während sich das gemeinsame untere Stück verlängert. Bei den Affen endlich wird, wie beim Menschen, die Verschmelzung beider Hälften vollständig, so dass nur eine einzige, einfache, birnförmige Uterus-Tasche existirt, in welche jederseits der Eileiter einmündet.

Auch bei den männlichen Säugethieren tritt dieselbe Verschmelzung der Müller'schen und Wolff'schen Gänge im unteren Theile ein. Auch hier bilden dieselben einen unpaaren »Geschlechtsstrang« (Fig. 325 *g*), und dieser mündet ebenso in die ursprüngliche »Harngeschlechtshöhle« (den *Sinus urogenitalis*), welche aus dem untersten Abschnitte der Harnblase (*v*) entsteht. Während aber beim männlichen Säugethiere die Wolff'schen Gänge sich zu den bleibenden Samenleitern entwickeln, bleiben von den Müller'schen Gängen nur unbedeutende Reste als rudimentäre Organe bestehen. Das merkwürdigste derselben ist der »männliche Fruchtbehälter« (*Uterus masculinus*), der aus dem untersten, unpaaren, verschmolzenen Theile der Müller'schen Gänge entsteht und dem weiblichen Uterus homolog ist. Er bildet ein kleines flaschenförmiges Bläschen ohne jede physiologische Bedeutung, welches zwischen beiden Samenleitern und Prostatalappen in die Harnröhre mündet (*Vesicula prostatica*).

Sehr eigenthümliche Veränderungen erleiden die inneren Geschlechtsorgane bei den Säugethieren bezüglich ihrer Lagerung. Ursprünglich liegen die Keimdrüsen bei beiden Geschlechtern ganz innen tief in der Bauchhöhle, am inneren Rande der Urnieren (Fig. 320 *g*, 321 *k*), an der Wirbelsäule durch ein kurzes Gekröse befestigt (*Mesorchium* beim Manne, *Mesovarium* beim Weibe). Aber nur bei den Monotremen bleibt diese ursprüngliche Lagerung der Keimdrüsen (wie bei den niederen Wirbelthieren) bestehen. Bei allen anderen Säugethieren (sowohl Marsupialien als Placentalien) verlassen dieselben ihre ursprüngliche Bildungsstätte und wandern mehr oder weniger weit nach unten (oder hinten) hinab, der Richtung eines Bandes

folgend, welches von der Urniere zur Leistengegend der Bauchwand geht. Dieses Band ist das »Leistenband der Urniere«, beim Manne als »Hunter'sches Leitband« (Fig. 328 *M, gh*), beim Weibe als »Rundes Mutterband« (Fig. 328 *W, r*) bezeichnet. Bei letzterem wandern die Eierstöcke mehr oder weniger weit gegen das kleine Becken hin oder treten ganz in dasselbe hinein. Bei ersterem wandert der Hoden sogar aus der Bauchhöhle heraus und tritt durch den Leistencanal in eine sackförmig erweiterte Falte der äusseren Hautdecke hinein. Indem rechte und linke Falte (»Geschlechtsfalte«) verwachsen, entsteht der Hodensack (*Scrotum*). Die verschiedenen Säugethiere führen uns die verschiedenen Stadien dieser Wanderung vor Augen. Beim Elephanten und den Walfischen rücken die Hoden nur wenig herunter und bleiben unterhalb der Nieren liegen. Bei vielen Nagethieren und Raubthieren treten sie in den Leistencanal hinein. Bei den meisten höheren Säugethieren wandern sie durch diesen hindurch in den Hodensack hinab. Gewöhnlich verwächst der Leistencanal. Wenn derselbe aber offen bleibt, so können die Hoden periodisch (zur Brunstzeit) in den Hodensack herabwandern und dann sich wieder in die Bauchhöhle zurückziehen (so bei vielen Beutelthieren, Nagethieren, Fledermäusen u. s. w.).

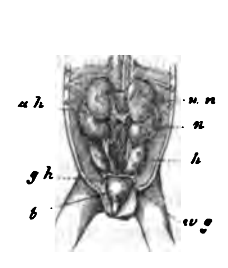


Fig. 328 *M*.

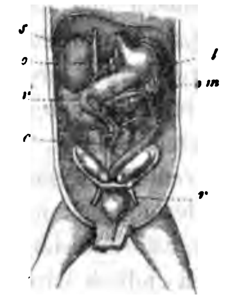


Fig. 328 *W*.

Den Säugethieren eigenthümlich ist ferner die Bildung der äusseren Geschlechts-Organe, die als »Begattungs-Organe oder Copulations-Organe« (*Copulativa*) die Uebertragung des befruchtenden Sperma vom männlichen auf den weiblichen Organismus bei dem Begattungs-Acte vermitteln. Den meisten niederen Wirbelthieren fehlen solche Organe ganz. Bei den im Wasser lebenden (z. B. bei den Acraniern, Cyclostomen und den meisten Fischen werden Eier und Samen einfach in das Wasser entleert und hier bleibt

Fig. 328. Ursprüngliche Lagerung der Geschlechtsdrüsen in der Bauchhöhle des menschlichen Embryo (von drei Monaten). Fig. 328 *M*. Männchen (in natürlicher Grösse). *h* Hoden, *gh* Leitband des Hodens. *wg* Samenleiter. *b* Harnblase. *uh* Untere Hohlvene. *nn* Nebennieren. n. Nieren. Fig. 328 *W*. Weibchen (etwas vergrössert). *r* rundes Mutterband (darunter die Harnblase, darüber die Eierstöcke). *r'* Niere. *s* Nebennieren. *c* Blinddarm. *o* kleines Netz. *om* grosses Netz (zwischen beiden der Magen). *l* Milz. Nach KÖLLIKER.

ihre Begegnung dem günstigen Zufalle überlassen, der die Befruchtung vermittelt. Hingegen erfolgt schon bei vielen Fischen und Amphibien, welche lebendige Junge gebären, eine directe Uebertragung des Samens vom männlichen auf den weiblichen Organismus und dasselbe ist bei allen Amnioten (Reptilien, Vögeln und Säugethieren) der Fall. Ueberall münden hier ursprünglich die Harn- und Geschlechts-Organe in den untersten Abschnitt des Mastdarms ein, der somit eine »Kloake« bildet (S. 649). Unter den Säugethieren bleibt diese aber nur bei den Schnabelthieren zeitlebens bestehen, die wir eben deshalb als »Kloakenthiere« (*Monotrema*) bezeichneten (Fig. 327 *cl*). Bei allen übrigen Säugethieren entwickelt sich in der Kloake (beim menschlichen Embryo um die Mitte des dritten Monates) eine laterale Scheidewand, durch welche dieselbe in zwei getrennte Höhlen zerfällt. Die vordere Höhle nimmt den Harngeschlechts-Canal (*Sinus urogenitalis*) auf und vermittelt allein die Ausführung des Harns und der Geschlechts-Producte, während die dahinter gelegene »Afterhöhle« bloss die Excremente durch den After ausführt. Schon bevor diese Scheidung bei den Beutelthieren und Placentalthieren eingetreten ist, erhebt sich am vorderen Umfang der Kloakenöffnung ein kegelförmiges Wärzchen, der Geschlechtshöcker (*Phallus*, Fig. 329 *Ae*, *Be*). An der Spitze ist derselbe kolbig angeschwollen (»Eichel«, *Glans*). An seiner unteren Seite zeigt sich eine Rinne, die Geschlechtsfurche (*Sulcus genitalis*, *f*) und beiderseits derselben eine Hautfalte, die »Geschlechtsfalte« (*hl*). Der Geschlechtshöcker oder Phallus ist das vorzüglichste Organ des »Geschlechtssinnes« und auf

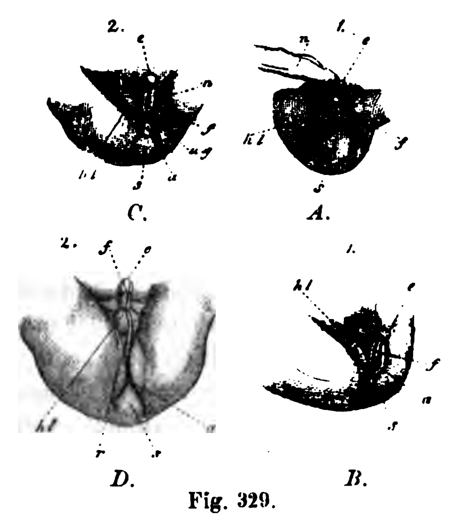


Fig. 329.

Fig. 329. Die äusseren Geschlechts-Organe des menschlichen Embryo. *A.* Neutraler Keim aus der achten Woche (2mal vergrössert; noch mit Kloake). *B.* Neutraler Keim aus der neunten Woche (2mal vergrössert; After von der Urogenitalöffnung getrennt). *C.* Weiblicher Keim aus der elften Woche. *D.* Männlicher Keim aus der vierzehnten Woche. *e* Geschlechtshöcker (Phallus). *f* Geschlechtsfurche. *hl* Geschlechtsfalten. *r* Raphe (Naht des Penis und Scrotum). *a* After. *ug* Harngeschlechtsöffnung. *n* Nabelstrang. *s* Schwanz. (Nach Ecker.) Vgl. die 44. Tabelle, S. 716.

ihm breiten sich die **Geschlechts-Nerven** (*Nervi pudendi*) aus, welche vorzugsweise die specifischen Geschlechts-Empfindungen vermitteln (S. 566). Beim Manne entwickelt sich der Phallus zur männlichen »Ruthe« (*Penis*, Fig. 329 *De*); beim Weibe zu dem viel kleineren »Kitzler« (*Clitoris*, Fig. 329 *Ce*); dieser wird nur bei einigen Affen (*Ateles*) ungewöhnlich gross. Auch eine »**Vorhaut**« (*Praeputium*) entwickelt sich als Hautfalte am vorderen Umfang des Phallus bei beiden Geschlechtern. Die Geschlechtsfurche an der Unterseite des Phallus nimmt beim Manne die Mündung des Harngeschlechts-Canals auf und verwandelt sich als Fortsetzung desselben durch Verwachsung ihrer beiden parallelen Ränder in einen geschlossenen Canal, die männliche Harnröhre (*Urethra*). Beim Weibe geschieht dasselbe nur in wenigen Fällen (bei einigen Halbaffen, Nagethieren und Maulwürfen); gewöhnlich bleibt die Geschlechtsrinne hier offen und ihre Ränder entwickeln sich zu den kleinen Schamlippen. Die grossen Schamlippen des Weibes entwickeln sich aus den beiden parallelen Hautfalten, welche beiderseits der Geschlechtsfurche auftreten. Beim Manne verwachsen diese letzteren zu dem geschlossenen unpaaren »Hodensack« (*Scrotum*). Bisweilen tritt diese Verwachsung nicht ein und auch die Geschlechtsfurche kann offen bleiben (*Hypospadia*). In diesen Fällen gleichen die äusseren männlichen Genitalien den weiblichen, und solche Fälle sind oft irrthümlich als Zwitterbildung angesehen worden (falscher Hermaphroditismus).[197]

Von diesen und anderen Fällen der »falschen Zwitterbildung« sind die viel selteneren Fälle des »**wahren Hermaphroditismus**« wohl zu unterscheiden. Dieser ist nur dann vorhanden, wenn die wesentlichsten Fortpflanzungsorgane, die beiderlei Keimdrüsen, in einer Person vereinigt sind. Entweder ist dann rechts ein Eierstock links ein Hoden entwickelt (oder umgekehrt); oder es sind auf beiden Seiten Hoden und Eierstöcke, die einen mehr, die andern weniger entwickelt. Da wir vorher gesehen haben, dass die ursprüngliche Geschlechts-Anlage bei allen Wirbelthieren wirklich hermaphroditisch ist, und nur durch einseitige Ausbildung der zwitterigen Anlage die Geschlechtstrennung entsteht, so bieten diese merkwürdigen Fälle keine theoretischen Schwierigkeiten dar. Sie kommen aber beim Menschen und den höheren Wirbelthieren nur selten vor. Hingegen finden wir den ursprünglichen Hermaphroditismus bei einigen niederen Wirbelthieren constant vor, so bei manchen barschartigen Fischen (*Serranus*) und bei einzelnen Amphibien (Unken, Kröten). Hier hat gewöhnlich das Männchen am oberen Ende des Hodens einen rudi-

mentären Eierstock: hingegen besitzt das Weibchen bisweilen einen rudimentären, nicht functionirenden Hoden. Auch bei den Karpfen und einigen anderen Fischen kommt dies gelegentlich vor. Wie sich in den Ausführgängen bei den Amphibien die ursprüngliche Zwitterbildung erhält, haben wir schon vorher gesehen.

Der Mensch zeigt uns in der Keimesgeschichte seiner Harn- und Geschlechts-Organe noch heute die Grundzüge ihrer Stammesgeschichte getreulich erhalten. Schritt für Schritt können wir die fortschreitende Ausbildung derselben beim menschlichen Embryo in derselben Stufenleiter verfolgen, welche uns die Vergleichung der Urogenitalien bei den Acraniern, Cyclostomen, Fischen, Amphibien, und sodann weiter in der Reihe der Säugethiere, bei den Kloakenthieren, Beutelthieren und den verschiedenen Placentalthieren neben einander vor Augen führt. (Vergl. die 43. Tabelle.) Alle Eigenthümlichkeiten in der Urogenitalbildung, durch welche sich die Säugethiere von den übrigen Wirbelthieren unterscheiden, besitzt auch der Mensch; und in allen speciellen Bildungs-Verhältnissen gleicht er den Affen und am meisten den anthropoiden Affen. Als Beweis dafür, wie die speciellen Eigenthümlichkeiten der Säugethiere sich auch auf den Menschen vererbt haben, will ich schliesslich nur noch die übereinstimmende Art und Weise anführen, auf welche sich die Eier im Eierstock ausbilden. Die reifen Eier finden sich bei allen Säugethieren nämlich in besonderen Bläschen, die man nach ihrem Entdecker REGNER DE GRAAF (1677) die »Graaf'schen Follikel« nennt. Früher hielt man dieselben für die Eier selbst; diese wurden aber erst von BAER in den Graaf'schen Follikeln entdeckt (S. 46). Jeder Follikel (Fig. 330 *C*) besteht aus einer runden faserigen Kapsel, welche Flüssigkeit enthält und mit einer mehrfachen Zellenschicht ausgekleidet ist. An einer Stelle ist diese Zellenschicht knopfartig verdickt (*Cb*) und umschliesst hier das eigentliche Ei (*Ca*). Der Eierstock der Säugethiere ist ursprünglich ein ganz einfaches länglich rundes Körperchen (Fig. 320 *g*), bloss aus Bindegewebe und Blutgefässen gebildet, von einer Zellenschicht überzogen, dem »Eierstocks-Epithel« oder weiblichen Keim-Epithel. Von diesem Epithel aus wachsen Zellenstränge nach innen in das Bindegewebe oder »Stroma« des Eierstocks hinein (Fig. 330 *Ab*). Einzelne von den Zellen dieser Stränge vergrössern sich und werden zu Eizellen (Ur-Eiern, *Ac*); die grosse Mehrzahl der Zellen aber bleibt klein und bildet um jedes Ei herum eine umhüllende und ernährende Zellenschicht, das sogenannte »Follikel-Epithel«.

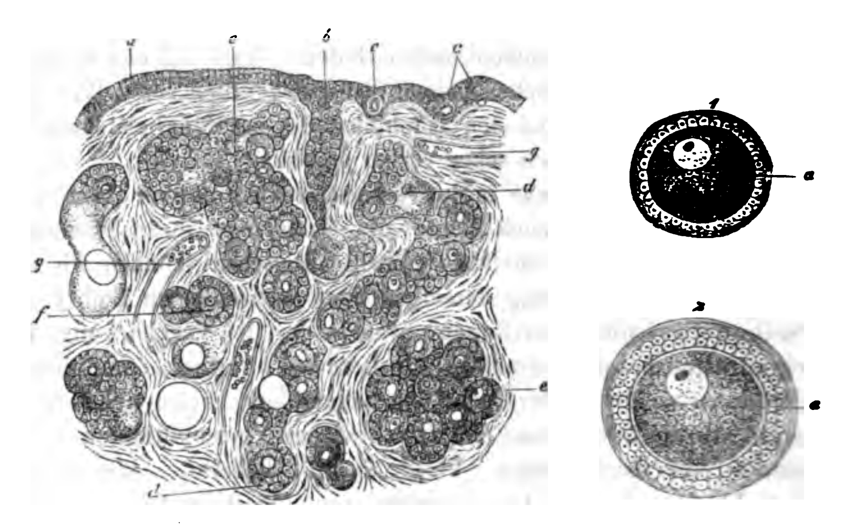


Fig. 330 *A*. Fig. 330 *B*.

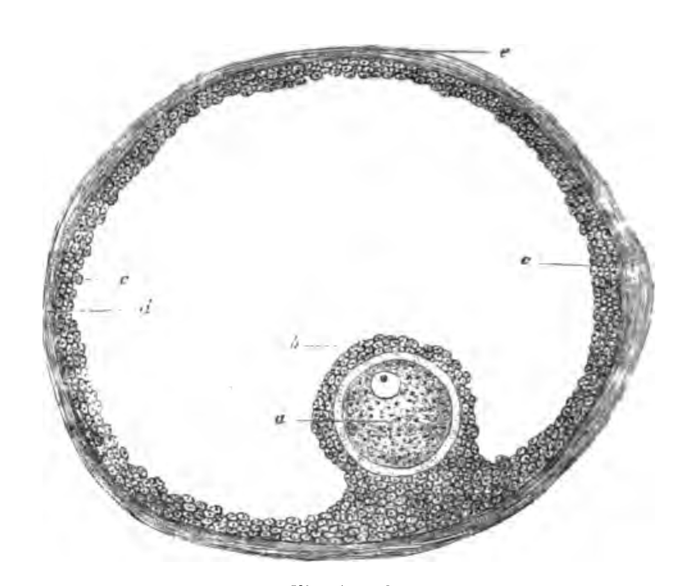


Fig. 330 *C*.

Fig. 330. Entstehung der Eier des Menschen im Eierstock des Weibes. — *A*. Senkrechter Durchschnitt durch den Eierstock eines neugeborenen Mädchens. *a* Eierstocks-Epithel. *b* Anlage eines Eierstranges. *c* junge Eier im Epithel. *d* langer Eierstrang mit Follikelbildung. *e* Gruppe von jungen Follikeln. *f* Einzeln junge Follikel. *g* Blutgefässe im Bindegewebe (Stroma) des Eierstockes. In den Strängen zeichnen sich die jungen Ur-Eier durch beträchtliche Grösse vor den umgebenden Follikel-Zellen aus. (Nach WALDEYER.) — Fig. 330 *B*. Zwei junge Follikel

Anfangs ist das Follikel-Epithel der Säugethiere einschichtig (Fig. 330 B_1), später mehrschichtig (B_2). Allerdings sind auch bei allen anderen Wirbelthieren die Eizellen von einer aus kleineren Zellen bestehenden Hülle, einem »Eifollikel«, umschlossen. Aber nur bei den Säugethieren sammelt sich zwischen den wuchernden Follikel-Zellen Flüssigkeit an und dehnt dadurch den Follikel zu einem ansehnlichen runden Bläschen aus, an dessen Wand innen das Ei excentrisch liegt. Der Mensch beweist auch hierdurch, wie durch seine ganze Morphologie, unzweifelhaft seine Abstammung von den Säugethieren.

Ueberhaupt gehört die Naturgeschichte der menschlichen Geschlechtsorgane zu denjenigen Theilen der Anthropologie, welche für den Ursprung des Menschengeschlechts aus dem Thierreiche die überzeugendsten Beweise liefern. Jeder, der die betreffenden Thatsachen kennt und dieselben unbefangen vergleichend beurtheilt, kann daraus allein schon die Ueberzeugung gewinnen, dass er von niederen Wirbelthieren abstammt. Der gröbere und feinere Bau, die Thätigkeit und die individuelle Entwickelung der Geschlechts-Organe verhält sich beim Menschen ganz ebenso wie bei den Affen. Das gilt ebenso von den männlichen wie von den weiblichen, ebenso von den inneren wie von den äusseren Genitalien. Die Unterschiede, welche sich in diesen Beziehungen zwischen dem Menschen und den menschenähnlichsten Affen finden, sind viel geringer als die Unterschiede, welche die verschiedenen Affen-Arten unter sich darbieten. Da nun aber alle Affen unzweifelhaft eines gemeinsamen Ursprungs sind, ergiebt sich daraus allein schon mit voller Sicherheit die Abstammung des Menschen vom Affen.

---

isolirt; bei 1. bilden die Follikel-Zellen noch eine einfache, bei 2. bereits eine doppelte Zellenschicht um das junge Ur-Ei; bei 2. beginnen dieselben das primäre Chorion (*a*) oder die Zona pellucida (S. 110) zu bilden. — Fig. 330 *C*. Ein reifer Graaf'scher Follikel des Menschen. *a* das reife Ei. *b* die umschliessenden Follikel-Zellen (»Keimhügel«). *c* die Epithelzellen des Follikels. *d* die Faserhaut des Follikels. *e* äussere Fläche desselben.

Dreiundvierzigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte der menschlichen Harn- und Geschlechts-Organe [197].

XLIII A. Erster Hauptabschnitt: Geschlechtsorgane (G) und Harnorgane (U) bleiben getrennt.

(Sexual-System oder Genital-System (G) und Excretions-System oder Urinal-System (U) fungiren unabhängig von einander.

I. Erste Periode: **Gastraeaden-Sexualien und -Nieren.**

G. Einzelne zerstreute Zellen des Entoderms verwandeln sich in Eizellen, einzelne zerstreute Zellen des Exoderms in Spermazellen.

U. Besondere Harnorgane fehlen noch völlig. Die Ausscheidung erfolgt durch die Exodermzellen.

II. Zweite Periode: **Urwürmer-Sexualien und -Nieren.**

G. Die Eizellen des Exoderms sammeln sich in Gruppen (Eierstocksplatten), ebenso die Spermazellen des Exoderms (Hodenplatten).

U. Ein Paar einfache schlauchförmige Hautdrüsen (Producte des Hautsinnesblattes) entwickeln sich zu einfachsten Nierencanälen (Excretions-Organe der Plattwürmer).

III. Dritte Periode: **Scoleciden-Sexualien und -Nieren.**

G. Nach erfolgter Differenzirung der vier secundären Keimblätter wandern die Eizellen aus dem Hautsinnesblatte in das Hautfaserblatt; ebenso wandern die Spermazellen aus dem Darmdrüsenblatte in das Darmfaserblatt.

U. Nach erfolgter Bildung des Coeloms öffnen sich die blinden inneren Enden beider Nierencanäle (oder »Urnierengänge«) in die Leibeshöhle.

IV. Vierte Periode: **Chordonier-Sexualien und -Nieren.**

G. Indem die Eizellen-Gruppen (Ovarial-Platten) und die Spermazellen-Gruppen (Hoden-Platten) an der Grenze von Endocoelar (»visceralem Darmfaserblatt des Coelom-Epithels«) und von Exocoelar (»parietalem Hautfaserblatt des Coelom-Epithels«) zusammenstossen, bilden sie Zwitterdrüsen.

U. Die Urnierengänge differenziren sich in einen ausführenden und einen drüsigen Theil.

V. Fünfte Periode: **Acranier-Sexualien und -Nieren.**

G. Die Geschlechter werden getrennt. Beim Weibchen kommen bloss die Eierstöcke, beim Männchen bloss die Hoden zur Ausbildung.

U. Die Urnierengänge bleiben einfach (bei Amphioxus rückgebildet).

VI. Sechste Periode: **Cyclostomen-Sexualien und -Nieren.**

G. Die bei den Acraniern zahlreichen Geschlechtsdrüsen werden zu einem Paare verschmolzen.

U. Die Urnierengänge treiben seitliche Sprossen, welche Gefässknäuel aufnehmen (halbgefiederte Urnieren von Bdellostoma).

XLIII B. Zweiter Hauptabschnitt: Geschlechtsorgane (G) und Harnorgane (U) werden vereinigt.

(Genital-System und Urinal-System sind zum »Urogenital-System« verschmolzen.)

VII. Siebente Periode: **Urfisch-Urogenitalien.**

Der primäre Urnierengang differenzirt sich jederseits in zwei secundäre Canäle: den Wolff'schen Gang, der sich zum Samenleiter, und den Müller'schen Gang, der sich zum Eileiter entwickelt. Beide Geschlechtsleiter münden ursprünglich hinter dem After (Proselachier).

VIII. Achte Periode: **Dipneusten-Urogenitalien.**

Durch Vereinigung der Urogenital-Mündung und der Afterhöhle entsteht eine Kloake. Aus der Vorderwand des Mastdarms wächst die unpaare Harnblase hervor (Lepidosiren).

IX. Neunte Periode: **Amphibien-Urogenitalien.**

Aus dem obersten Theile der sich rückbildenden Urniere entsteht beim männlichen Geschlechte der Nebenhoden, beim weiblichen Geschlechte der Nebeneierstock. Der Wolff'sche Gang fungirt bei beiden Geschlechtern noch als Harnleiter, beim männlichen zugleich als Samenleiter. Der Müller'sche Gang fungirt beim weiblichen Geschlecht als Eileiter; beim männlichen ist er rudimentäres Organ (Rathke'scher Gang).

X. Zehnte Periode: **Protamnien-Urogenitalien.**

An Stelle der rückgebildeten Urniere tritt als Harnorgan die bleibende secundäre Niere. Die Harnblase wächst aus der Bauchöffnung des Embryo hervor und bildet die Allantois. Aus der Vorderwand der Kloake wächst der Geschlechtshöcker (Phallus) hervor, der sich beim Männchen zum Penis, beim Weibchen zur Clitoris entwickelt.

XI. Elfte Periode: **Monotremen-Urogenitalien.**

Das untere Ende des Eileiters erweitert sich jederseits zu einem musculösen Fruchtbehälter (Uterus).

XII. Zwölfte Periode: **Beutelthier-Urogenitalien.**

Die Kloake zerfällt durch eine Scheidewand in vordere Harngeschlechtsöffnung (Apertura urogenitalis) und hintere Afteröffnung (Anus). Aus dem unteren Theile des Uterus geht jederseits ein Scheidencanal hervor. Die Eierstöcke und Hoden beginnen von ihrer ursprünglichen Bildungsstätte herabzuwandern.

XIII. Dreizehnte Periode: **Halbaffen-Urogenitalien.**

Müller'sche Gänge und Wolff'sche Gänge verwachsen unten zum Geschlechtsstrange. Durch Verwachsung der beiden Fruchtbehälter im unteren Theile entsteht der Uterus bicornis. Ein Theil der Allantois verwandelt sich in die Placenta.

XIV. Vierzehnte Periode: **Affen-Urogenitalien.**

Die beiden Fruchtbehälter verwachsen in ihrer ganzen Länge zu einem einfachen birnförmigen Uterus, wie beim Menschen.

Vierundvierzigste Tabelle.

Uebersicht über die Homologien der Geschlechts-Organe in beiden Geschlechtern der Säugethiere.

XLIV A. Homologien der inneren Geschlechts-Organe.

G. Gemeinsame Anlage der inneren Geschlechts-Organe	M. Innere männliche Theile	W. Innere weibliche Theile
1. Männliche Keimdrüse (Hodenplatte beim Embryo, Product des Hautblattes?)	1. Hoden (*Testis* oder *Orchis*)	1. **Hodenanlage verschwindet, bleibt bei einigen Amphibien**
2. Weibliche Keimdrüse (Eierstocksplatte, Product des Darmblattes?)	2. (Eierstocks-Anlage verschwindet, bleibt bei einigen Amphibien)	2. **Eierstock** (*Ovarium* **oder** *Oophoron*)
3. Wolff'scher Gang (Lateraler Urnierengang)	3. Samenleiter (*Spermaductus*)	3. **Gartner'scher Gang (Rudimentärer Canal)**
4a. Müller'scher Gang (Medialer Urnierengang)	4a. Rathke'scher Gang (Rudimentärer Canal bei den Amphibien)	4a. **Eileiter** (*Oviductus* **oder** *Tuba Fallopiae*)
4b. Oberster Theil des Müller'schen Ganges	4b. Hydatis Morgagni	4b. **Hydatis Fallopiae**
4c. Unterster Theil des Müller'schen Ganges	4c. Uterus masculinus (*Vesicula prostatica*)	4c. **Uterus, Vagina (Gebärmutter, Scheide)**
5. Ueberreste der Urniere (*Protonephron, Corpus Wolffii*)	5. Nebenhoden (*Epididymis*)	5. **Nebeneierstock** (*Parovarium*)
6. Leistenband der Urniere (*Ligamentum protonephro-inguinale*)	6. Hunter'sches Leitband (*Gubernaculum Hunteri*)	6. **Rundes Mutterband** (*Ligamentum uteri rotundum*)
7. Geschlechts-Gekröse (*Mesenterium sexuale*)	7. Hoden-Gekröse (*Mesorchium*)	7. Eierstocks-Gekröse (*Mesovarium*)

XLIV B. Homologien der äusseren Geschlechts-Organe.

G. Gemeinsame Anlage der äusseren Geschlechts-Organe	M. Aeussere männliche Theile	W. Aeussere weibliche Theile
8. Geschlechtshöcker (*Phallus*)	8. Ruthe (*Penis*)	8. Kitzler (*Clitoris*)
9. Vorhaut (*Praeputium*)	9. Männliche Vorhaut (*Praeputium penis*)	9. Weibliche Vorhaut (*Praeputium clitoridis*)
10. Geschlechtsfalten (*Plicae genitales*)	10. Hodensack (*Scrotum*)	10. Grosse Schamlippen (*Labia pudendi majora*)
11. Spalte zwischen beiden Geschlechtsfalten	11. (Naht des Hodensackes, *Raphe scroti*)	11. Weibliche Schamspalte (*Vulva*)
12. Geschlechtsleisten (Ränder der Geschlechtsfurche)	12. Die Ränder der Geschlechtsfurche verwachsen	12. Kleine Schamlippen (*Labia pudendi minora*)
13. Harngeschlechts-Canal (*Sinus urogenitalis*)	13. Harnröhre (*Urethra*)	13. Scheidenvorhof (*Vestibulum vaginae*)
14. Anhangsdrüsen des Harngeschlechts-Canals	14. Cowper'sche Drüsen	14. Bartholinische Drüsen.

Sechsundzwanzigster Vortrag.

Resultate der Anthropogenie.

»Die Descendenz-Theorie ist ein allgemeines Inductions-Gesetz, welches sich aus der vergleichenden Synthese aller organischen Naturerscheinungen und insbesondere aus der dreifachen Parallele der phylogenetischen, ontogenetischen und systematischen Entwickelung mit absoluter Nothwendigkeit ergiebt. Der Satz, dass der Mensch sich aus niederen Wirbelthieren, und zwar zunächst aus echten Affen entwickelt hat, ist ein specieller Deductions-Schluss, welcher sich aus dem generellen Inductions-Gesetz der Descendenz-Theorie mit absoluter Nothwendigkeit ergiebt. Diesen Stand der Frage »von der Stellung des Menschen in der Natur« glauben wir nicht genug hervorheben zu können. Wenn überhaupt die Descendenz-Theorie richtig ist, so ist die Theorie von der Entwickelung des Menschen aus niederen Wirbelthieren weiter Nichts, als ein unvermeidlicher einzelner Deductions-Schluss aus jenem allgemeinen Inductions-Gesetz. Es können daher auch alle weiteren Entdeckungen, welche in Zukunft unsere Kenntnisse über die phyletische Entwickelung des Menschen noch bereichern werden, Nichts weiter sein, als specielle Verificationen jener Deduction, die auf der breitesten inductiven Basis ruht.«

Generelle Morphologie (1866).

Inhalt des sechsundzwanzigsten Vortrages.

Rückblick auf den zurückgelegten Weg der Keimesgeschichte. Deutung der letzteren durch das biogenetische Grundgesetz. Ihre causale Beziehung zur Stammesgeschichte. Die rudimentären Organe des Menschen. Dysteleologie oder Unzweckmässigkeits-Lehre. Erbstücke von den Affen. Stellung des Menschen im natürlichen System des Thierreichs. Der Mensch als Wirbelthier und Säugethier. Specielle Stammverwandtschaft des Menschen und Affen. Die Zeugnisse der Affenfrage. Die Catarhinen und Platyrhinen. Der göttliche Ursprung des Menschen. Adam und Eva. Entwickelungsgeschichte der Seele. Bedeutende Seelenunterschiede innerhalb einer einzigen Thierklasse. Säugethier-Seelen und Insecten-Seelen. Ameisen-Seele und Schildlaus-Seele. Menschen-Seele und Affen-Seele. Organ der Seelenthätigkeit: Centralnervensystem. Ontogenie und Phylogenie der Seele. Monistische und dualistische Seelen-Theorie. Vererbung der Seele. Bedeutung des biogenetischen Grundgesetzes für die Psychologie. Bedeutung der Anthropogenie für den Sieg der monistischen und den Untergang der dualistischen Philosophie. Natur und Geist. Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft. Reform der Weltanschauung durch die Anthropogenie.

XXVI.

Meine Herren!

Nachdem wir nunmehr das wunderbare Gebiet der menschlichen Entwickelungsgeschichte durchwandert und die wichtigsten Theile desselben kennen gelernt haben, ist es wohl angemessen, jetzt am Schlusse unserer Wanderung den zurückgelegten Weg zu überblicken, und anderseits einen Blick auf den weiteren Pfad der Erkenntniss zu werfen, zu welchem uns dieser Weg in Zukunft führen wird. Wir sind ausgegangen von den einfachsten Thatsachen der individuellen Entwickelungsgeschichte des Menschen; ontogenetischen Thatsachen, welche wir in jedem Augenblicke mittelst mikroskopischer oder anatomischer Untersuchung festzustellen und vorzuzeigen im Stande sind. Von diesen ontogenetischen Thatsachen ist die erste und wichtigste, dass jeder Mensch, wie jedes andere Thier, im Beginne seiner individuellen Existenz eine einfache Zelle ist. Diese Eizelle zeigt genau dieselbe Formbeschaffenheit und Entstehungsweise, wie jedes andere Säugethier-Ei. Aus derselben entwickelt sich durch wiederholte Theilung ein vielzelliger Körper, der Maulbeerkeim (Morula). Dieser letztere verwandelt sich in einen Becherkeim (Gastrula) und dieser wiederum in eine Keimdarmblase (Gastrocystis). Die beiden verschiedenen Zellenschichten, welche deren Wand zusammensetzen, sind die beiden primären Keimblätter: Hautblatt (Exoderm) und Darmblatt (Entoderm). Diese doppelblätterige Keimform ist die ontogenetische Wiederholung jener ausserordentlich wichtigen phylogenetischen Stammform aller Darmthiere, die wir mit dem Namen Gastraea bezeichnet haben. Da der Keim des Menschen, gleich dem der anderen Darmthiere, die Gastrula-Form durchläuft, so können wir auch seinen phylogenetischen Ursprung auf die Gastraea zurückführen. Indem wir die Keimesgeschichte der zweiblätterigen Keimform weiter verfolgten, sahen wir, dass zunächst aus den zwei ursprünglichen Keimblättern durch Spaltung vier secundäre Keimblätter hervorgehen. Diese haben beim Menschen genau dieselbe Zusammensetzung und

genetische Bedeutung, wie bei allen anderen Wirbelthieren. Aus dem Hautsinnesblatte entwickelt sich die Oberhaut und das Central-Nervensystem, sowie wahrscheinlich das Nierensystem. Das Hautfaserblatt bildet die Lederhaut und die Bewegungs-Organe (Skelet und Muskelsystem). Aus dem Darmfaserblatt entsteht das Gefässsystem und die fleischige Darmwand. Das Darmdrüsenblatt endlich bildet bloss das Epithelium oder die innere Zellenschicht der Darmschleimhaut und der Darmdrüsen.

Die Art und Weise, wie diese verschiedenen Organsysteme aus den vier secundären Keimblättern entspringen, ist beim Menschen von Anfang an genau dieselbe, wie bei allen anderen Wirbelthieren. Bei der Keimesgeschichte jedes einzelnen Organes überzeugten wir uns davon, dass der menschliche Keim genau diejenige specielle Richtung der Differenzirung und Formbildung einschlägt, welche ausserdem nur bei den Wirbelthieren gefunden wird. Innerhalb dieses grossen Thierstammes haben wir dann Schritt für Schritt und Stufe für Stufe die weitere Ausbildung verfolgt, welche sowohl der ganze Körper als alle einzelnen Theile desselben erfahren. Diese höhere Ausbildung erfolgt beim Embryo des Menschen in derjenigen Form, welche nur den Säugethieren eigenthümlich ist. Endlich haben wir gesehen, dass selbst innerhalb dieser Klasse die verschiedenen phylogenetischen Entwickelungsstufen, welche das natürliche System der Säugethiere unterscheidet, durchaus den verschiedenen ontogenetischen Bildungsstufen entsprechen, welche der menschliche Embryo bei seiner weiteren Entwickelung durchläuft. Dadurch wurden wir in den Stand gesetzt, die Stellung des Menschen im Systeme dieser Klasse näher zu bestimmen und demgemäss sein Verwandtschafts-Verhältniss zu den verschiedenen Säugethier-Ordnungen festzustellen.

Der Weg der Schlussfolgerung, den wir bei der Deutung dieser ontogenetischen Thatsache betraten, war einfach die consequente Ausführung des biogenetischen Grundgesetzes. Dabei haben wir beständig die bedeutungsvolle Unterscheidung zwischen den palingenetischen und den cenogenetischen Erscheinungen durchzuführen gesucht. Nur die Palingenesis oder die »Auszugsentwickelung« gestattete uns einen unmittelbaren Rückschluss von der beobachteten Keimform auf die durch Vererbung übertragene Stammform. Hingegen wurde dieser Rückschluss mehr oder minder gefährdet, sobald durch neue Anpassungen die Cenogenesis oder »Fälschungsentwickelung« zur Geltung gelangte. Von der Anerkennung dieser höchst wichtigen Beziehungen hängt das ganze Ver-

ständniss der individuellen Entwickelungsgeschichte ab. Hier stehen wir an der Scheide, wo sich neue und alte Naturforschung, neue und alte Weltanschauung entschieden trennen. Die gesammten Ergebnisse der neueren morphologischen Forschung drängen uns mit unabwendbarer Gewalt zu der Anerkennung jenes biogenetischen Grundgesetzes und seiner weitreichenden Consequenzen. Freilich sind diese mit der hergebrachten mythologischen Weltanschauung und mit den mächtigen, in früher Jugend uns durch den theosophischen Schulunterricht eingeimpften Vorurtheilen unvereinbar. Aber ohne das biogenetische Grundgesetz, ohne die Unterscheidung der Palingenesis und Cenogenesis, und ohne die Descendenz-Theorie, auf die wir dieselbe stützen, sind wir gar nicht im Stande, die Thatsachen der organischen Entwickelung überhaupt zu begreifen; ohne sie vermögen wir auch gar nicht den geringsten Schimmer einer Erklärung auf dieses ganze wunderbare Erscheinungs-Gebiet fallen zu lassen. Wenn wir aber die in jenem Gesetz enthaltene ursächliche Wechselbeziehung von Keimes- und Stammes-Entwickelung, den wahren Causalnexus der Ontogenesis und Phylogenesis anerkennen, dann erklären sich uns die wunderbaren Phänomene der Ontogenesis auf die einfachste Weise; dann erscheinen uns die Thatsachen der Keimes-Entwickelung nur als die nothwendigen mechanischen Wirkungen der Stammes-Entwickelung, bedingt durch die Gesetze der Vererbung und Anpassung. Die Wechselwirkung dieser Gesetze unter dem überall stattfindenden Einflusse des Kampfes um's Dasein, oder wie wir mit Darwin einfach sagen können: die natürliche Züchtung ist vollkommen ausreichend, uns den ganzen Process der Keimesgeschichte durch die Stammesgeschichte zu erklären. Darin besteht ja eben das fundamentale Verdienst Darwin's, dass er uns durch die Erkenntniss der Wechselwirkung zwischen den Vererbungs- und Anpassungs-Erscheinungen den richtigen Weg zum causalen Verständniss der Entwickelungsgeschichte gebahnt hat.

Unter den zahlreichen und wichtigen Zeugnissen, die wir für die Wahrheit dieser Auffassung unserer Entwickelungsgeschichte gefunden haben, will ich hier nur nochmals die ganz besonders werthvollen Schöpfungs-Urkunden hervorheben, welche uns die »Dysteleologie« oder »Unzweckmässigkeitslehre«, die Wissenschaft von den »rudimentären Organen«, liefert. Nicht oft und dringend genug kann man die hohe morphologische Bedeutung dieser merkwürdigen Körpertheile betonen, welche in physiologischer Beziehung völlig werthlos und unnütz sind. In jedem Organsystem finden wir beim Menschen wie bei allen höheren Wirbelthieren solche

werthlose uralte Erbstücke, die wir von unseren niederen Wirbelthier-Ahnen geerbt haben. So treffen wir zunächst auf unserer äusseren Hautbedeckung das spärliche rudimentäre Haarkleid an, welches nur noch am Kopfe, in den Achselhöhlen und an einigen anderen Körperstellen stärker entwickelt ist. Die kurzen Häärchen auf dem grössten Theile unserer Körperoberfläche sind völlig nutzlos für uns, ohne jede physiologische Bedeutung; sie sind der letzte dürftige Ueberrest von dem viel stärker entwickelten Haarkleide unserer Affen-Ahnen (S. 542). Eine Reihe der merkwürdigsten rudimentären Organe bietet uns der Sinnesapparat dar. Wir haben gesehen, dass die ganze äussere Ohrmuschel mit ihren Knorpeln, Muskeln und Hauttheilen beim Menschen ein unnützes Anhängsel ist, ohne die physiologische Bedeutung, welche man ihr früher irrthümlicher Weise zugeschrieben hat. Sie ist der rückgebildete Rest von dem spitzen und frei beweglichen, viel höher entwickelten Säugethier-Ohr, dessen Muskeln wir zwar noch besitzen, aber nicht mehr gebrauchen können (S. 592). Wir fanden ferner am inneren Winkel unseres Auges die merkwürdige kleine halbmondförmige Falte, die für uns ohne jeglichen Nutzen und nur insofern von Interesse ist, als sie das letzte Ueberbleibsel der Nickhaut darstellt; jenes dritten inneren Augenlides, welches bei den Haifischen und vielen Amniothieren noch heute eine grosse physiologische Bedeutung besitzt (S. 582). Zahlreiche und interessante dysteleologische Beweismittel liefert uns ferner der Bewegungs-Apparat, und zwar ebenso das Skelet als das Muskelsystem. Ich erinnere Sie nur an das frei vorstehende Schwänzchen des menschlichen Embryo und an die darin entstehenden rudimentären Schwanzwirbel nebst den daran befindlichen Muskeln: ein für den Menschen völlig nutzloses Organ, aber von hohem Interesse als rückgebildeter Ueberrest des langen, aus zahlreichen Wirbeln und Muskeln bestehenden Schwanzes unserer älteren Affen-Ahnen (S. 602). Von diesen haben wir auch verschiedene Knochenfortsätze und Muskeln geerbt, die ihnen bei ihrer kletternden Lebensweise auf Bäumen von grossem Nutzen waren, während sie bei uns ausser Gebrauch gekommen sind. Auch an verschiedenen Stellen unter der Haut besitzen wir Hautmuskeln, die wir nie gebrauchen: Ueberreste eines mächtig entwickelten Hautmuskels unserer niederen Säugethier-Vorfahren. Dieser »Panniculus carnosus« hatte die Aufgabe, die Haut zusammenzuziehen und zu runzeln, wie wir es noch täglich an den Pferden sehen, die dadurch die Fliegen verjagen. Ein noch bei uns thätiger Rest des grossen Hautmuskels ist der Stirnmuskel, mittelst dessen

wir unsere Stirn runzeln, und die Augenbrauen heraufziehen: aber einen anderen ansehnlichen Ueberrest desselben, den grossen Hautmuskel des Halses (*Platysma myoides*) vermögen wir nicht mehr willkürlich zu bewegen.

Wie an diesen animalen Organsystemen unseres Körpers, so treffen wir auch an den vegetativen Apparaten eine Anzahl von rudimentären Organen an, die wir meistens schon gelegentlich kennen lernten. Ich erinnere Sie nur an die merkwürdige Schilddrüse (*Thyreoidea*), die Anlage des »Kropfes« und den Ueberrest der Flimmerrinne, welche die Chordonier, Ascidien und Acranier unten am Kiemenkorbe besitzen (S. 643, 656); ferner an den Wurmfortsatz des Blinddarms (S. 648). Am Gefässsystem treffen wir eine Anzahl von nutzlosen Strängen an, welche die Ueberbleibsel von verödeten Gefässen darstellen, die früher als Blutcanäle thätig waren: so den »*Ductus Botalli*« zwischen Lungenarterie und Aorta, den »*Ductus venosus Arantii*« zwischen Pfortader und Hohlvene und viele andere. Von ganz besonderem Interesse aber sind die zahlreichen rudimentären Organe am Harn- und Geschlechts-Apparate (S. 704). Diese sind meistens beim einen Geschlechte entwickelt und nur beim anderen rudimentär. So bilden sich aus den Wolff'schen Gängen beim Manne die Samenleiter, während beim Weibe nur die Gartner'schen Canäle als Rudimente derselben spurweise fortdauern. Umgekehrt entwickeln sich aus den Müller'schen Gängen beim Weibe die Eileiter und der Fruchtbehälter, während beim Manne nur die untersten Enden derselben als nutzloser »männlicher Fruchtbehälter« (*Vesicula prostatica*) übrig bleiben. So besitzt auch der Mann noch in seinen Brustwarzen und Milchdrüsen die Rudimente von Organen, welche in der Regel nur beim Weibe in Function treten (S. 539).

Eine genauere anatomische Durchforschung des menschlichen Körpers würde uns so noch mit einer Anzahl anderer rudimentärer Organe bekannt machen, welche alle einzig und allein durch die Descendenz-Theorie zu erklären sind. Sie gehören zu den wichtigsten Zeugnissen für die Wahrheit der mechanischen Naturauffassung und zu den niederschmetterndsten Gegenbeweisen gegen die hergebrachte teleologische Weltanschauung. Wenn der letzteren zufolge der Mensch, und wenn ebenso jeder andere Organismus von Anfang an zweckmässig für seinen Lebenszweck eingerichtet und durch einen Schöpfungs-Act in's Dasein gerufen wäre, so würde die Existenz dieser rudimentären Organe ein unbegreifliches Räthsel sein; es wäre durchaus nicht einzusehen, warum der Schöpfer seinen Geschöpfen

auf ihrem ohnehin beschwerlichen Lebensweg auch noch dieses unnütze Gepäck aufgebürdet hätte. Hingegen können wir mittelst der Descendenz-Theorie die Existenz derselben in der einfachsten Weise erklären, indem wir sagen: Die rudimentären Organe sind Körpertheile, welche im Laufe der Jahrhunderte allmählich ausser Dienst getreten sind: Organe, welche bei unseren thierischen Vorfahren bestimmte Functionen verrichteten, welche aber für uns selbst ihre physiologische Bedeutung verloren haben. Durch neu erworbene Anpassungen sind sie nutzlos geworden, werden aber trotzdem durch die Vererbung von Generation auf Generation übertragen und dabei nur langsam rückgebildet.

Wie diese »rudimentären Organe«, so haben wir auch alle anderen Organe unseres Körpers von den Säugethieren und zwar zunächst von unseren Affen-Ahnen geerbt. Der menschliche Körper enthält nicht ein einziges Organ, welches nicht von den Affen geerbt ist. Wir können aber auch mittelst unseres biogenetischen Grundgesetzes den Ursprung unserer verschiedenen Organsysteme noch weiter, bis zu verschiedenen niederen Ahnen-Stufen hinab verfolgen. So können wir z. B. sagen, dass wir die ältesten Organe unseres Körpers, Oberhaut und Darmcanal, von den Gastraeaden geerbt haben, hingegen Nervensystem und Muskelsystem von den niederen Würmern (Archelminthen), das Gefässsystem, die Leibeshöhle und das Blut von den Coelomaten-Würmern (Scoleciden), die Chorda und den Kiemendarm von den Chordoniern, die differenzirten Sinnesorgane von den Cyclostomen, die Gliedmaassen und die Müller'schen Gänge von den Urfischen, und die äusseren Geschlechtsorgane von den Ursäugethieren. Als wir das »Gesetz des ontogenetischen Zusammenhanges der systematisch verwandten Formen« aufstellten und das relative Alter der Organe bestimmten, haben wir gesehen, wie wir derartige phylogenetische Schlüsse aus der ontogenetischen Succession der Organsysteme ziehen können (S. 315, 659).

Mit Hülfe dieses wichtigen Gesetzes und mit Hülfe der vergleichenden Anatomie waren wir ferner im Stande, die »Stellung des Menschen in der Natur« genau zu bestimmen, oder, wie wir auch sagen können, dem Menschen seinen Platz im System des Thierreichs anzuweisen. Man pflegt jetzt in den neueren zoologischen Systemen das ganze Thierreich in die Ihnen bekannten sieben Stämme oder Phylen einzutheilen, und diese theilt man in runder Summe wieder in ungefähr vierzig Klassen ein; diese Klassen in circa zweihundert Ordnungen. Seiner ganzen Organisation nach ist der Mensch

unzweifelhaft erstens ein Glied nur eines einzigen Stammes, des Wirbelthierstammes; zweitens ein Glied nur einer einzigen Klasse, der Säugethierklasse; und drittens ein Glied nur einer einzigen Ordnung, der Affenordnung. Alle die charakteristischen Eigenthümlichkeiten, durch welche sich die Wirbelthiere von den übrigen sechs Thierstämmen, die Säugethiere von den übrigen vierzig Klassen, und die Affen von den übrigen zweihundert Ordnungen des Thierreichs unterscheiden, alle diese Eigenthümlichkeiten besitzt auch der Mensch. Mögen wir uns drehen und wenden, wie wir wollen, so kommen wir über diese anatomische und systematische Thatsache nicht hinweg. Sie wissen, dass in neuester Zeit gerade diese Thatsachen zu den lebhaftesten Erörterungen geführt und namentlich viele Streitigkeiten über die specielle anatomische Verwandtschaft des Menschen mit den Affen herbeigeführt hat. Die wunderlichsten Ansichten sind über diese »Affenfrage« oder »Pithecoiden-Theorie« zu Tage gefördert worden. Es wird daher gut sein, wenn wir dieselbe hier nochmals scharf beleuchten und das Wesentliche derselben vom Unwesentlichen trennen.

Wir gehen dabei von der unbestrittenen Thatsache aus, dass der Mensch auf alle Fälle, mag man seine specielle Blutsverwandtschaft mit den Affen leugnen oder annehmen, ein echtes Säugethier und zwar ein placentales Säugethier ist. Diese fundamentale Thatsache ist in jedem Augenblicke so leicht durch die vergleichend-anatomische Untersuchung zu beweisen, dass sie seit der Trennung der Placentalthiere von den niederen Säugethieren (Beutelthieren und Schnabelthieren) einstimmig anerkannt worden ist. Für jeden consequenten Anhänger der Entwickelungslehre folgt daraus aber ohne Weiteres, dass der Mensch mit den anderen Placentalthieren zusammen von einer und derselben gemeinsamen Stammform, von dem Stammvater der Placentalien abstammt, wie wir auch weiter für alle verschiedenen Säugethiere (Placentalthiere, Beutelthiere und Kloakenthiere) einen gemeinsamen Säugethier-Stammvater nothwendig annehmen müssen. Damit ist aber die grosse, weltbewegende Principienfrage von der Stellung des Menschen in der Natur endgültig entschieden, mag man dem Menschen nun eine nähere oder eine entferntere Verwandtschaft mit den Affen zuschreiben. Gleichviel ob der Mensch in phylogenetischem Sinne ein Mitglied der Affen-Ordnung (— oder wenn Sie lieber wollen: der Primaten-Ordnung —) ist, oder nicht, auf jeden Fall bleibt seine unmittelbare Blutsverwandtschaft mit den übrigen Säugethieren und insbesondere mit den Pla-

centalthieren bestehen. Vielleicht sind die Verwandtschafts-Beziehungen der verschiedenen Säugethier-Ordnungen zu einander ganz andere, als wir gegenwärtig hypothetisch annehmen. Auf jeden Fall aber bleibt die gemeinsame Abstammung des Menschen und aller übrigen Säugethiere von einer gemeinsamen Stammform unbestreitbar. Diese uralte, längst ausgestorbene Stammform (welche wahrscheinlich während der Trias-Periode sich entwickelte) ist eben der monotreme Stammvater aller Säugethiere.

Wenn wir an diesem fundamentalen und höchst bedeutungsvollen Satze festhalten, so wird sich uns die »Affenfrage« in einem ganz anderen Lichte darstellen, als sie gewöhnlich gezeigt wird. Sie werden sich dann bei einigem Nachdenken leicht überzeugen, dass dieselbe gar nicht die Bedeutung besitzt, die man ihr neuerdings beigelegt hat. Denn der Ursprung des Menschengeschlechts aus einer Reihe von verschiedenen Säugethier-Ahnen, und die historische Entwickelung dieser letzteren aus einer älteren Reihe von niederen Wirbelthier-Ahnen bleibt zweifellos bestehen, gleichviel ob man als die nächsten thierischen Vorfahren des Menschengeschlechts echte »Affen« ansieht oder nicht. Da man sich aber nun einmal daran gewöhnt hat, das Hauptgewicht in der ganzen Ursprungsfrage des Menschen gerade auf die »Abstammung vom Affen« zu legen, so sehe ich mich doch genöthigt, hier nochmals auf dieselbe zurückzukommen, und Ihnen die vergleichend-anatomischen und ontogenetischen Thatsachen in Erinnerung zu bringen, welche diese »Affenfrage« endgültig entscheiden.

Am kürzesten führt uns hier der Weg zum Ziele, welchen HUXLEY in seinen ausgezeichneten, von uns so oft angeführten »Zeugnissen für die Stellung des Menschen in der Natur« betreten hat, der Weg der vergleichenden Anatomie und Ontogenie. Wir haben objectiv alle einzelnen Organe des Menschen mit denselben Organen der höheren Affen zu vergleichen und dann zu prüfen, ob die Unterschiede zwischen ersterem und letzteren grösser sind, als die entsprechenden Unterschiede zwischen den höheren und niederen Affen. Das zweifellose und unbestreitbare Resultat dieser mit der grössten Unbefangenheit und Genauigkeit angestellten vergleichend-anatomischen Untersuchung war das bedeutungsvolle Gesetz, welches wir seinem Begründer zu Ehren das Huxley'sche Gesetz genannt haben: dass nämlich die körperlichen Unterschiede in der Organisation des Menschen und der uns bekannten höchst entwickelten

Affen viel geringer sind, als die entsprechenden Unterschiede in der Organisation der höheren und niederen Affen. Ja wir konnten sogar dieses Gesetz noch näher bestimmen, indem wir die Platyrhinen oder amerikanischen Affen als entferntere Verwandte ganz ausschlossen und unsere Vergleichung auf den engeren Verwandtschaftskreis der Catarhinen, der Affen der alten Welt, beschränkten. Sogar innerhalb dieser kleinen Säugethier-Gruppe fanden wir die Organisations-Unterschiede zwischen den niederen und höheren schmalnasigen Affen, z. B. zwischen dem Pavian und Gorilla, viel grösser, als die Unterschiede zwischen diesem Menschenaffen und dem Menschen. Wenn wir nun dazu noch die Ontogenie befragen, und wenn wir nach unserem »Gesetze des ontogenetischen Zusammenhanges der systematisch verwandten Formen« finden, dass die Embryonen der Menschenaffen und Menschen längere Zeit hindurch übereinstimmen, als die Embryonen der höchsten und der niedersten Affen, so werden wir uns wohl oder übel zur Anerkennung unseres Ursprungs aus der Affen-Ordnung bequemen müssen. Unzweifelhaft können wir uns aus den vorliegenden Thatsachen der vergleichenden Anatomie in unserer Phantasie ein ungefähres Bild von der Formbeschaffenheit unserer Vorfahren während der älteren Tertiär-Zeit construiren; mögen wir uns dies im Einzelnen ausmalen, wie wir wollen, so wird dieses Bild ein echter Affe und zwar ein entschiedener Catarhine sein. Denn alle die körperlichen Charaktere, welche die Catarhinen vor den Platyrhinen auszeichnen, besitzt auch der Mensch. Wir werden also demgemäss im Stammbaum der Säugethiere den Menschen unmittelbar aus der Gruppe der Catarhinen ableiten und die Entstehung des Menschengeschlechts in die alte Welt versetzen müssen. Denn die ganze Gruppe der Catarhinen-Affen ist von jeher ebenso auf die alte Welt beschränkt geblieben, wie die Gruppe der Platyrhinen-Affen auf die neue Welt. Nur die älteste Wurzelform, aus der Beide entsprungen sind, war ihnen gemeinsam: wahrscheinlich entstand sie aus Halbaffen in der alten Welt.

Wenn es nun demnach für unsere objective wissenschaftliche Erkenntniss zweifellos festgestellt ist, dass das Menschengeschlecht direct von Affen der alten Welt abstammt, so wollen wir doch nochmals betonen, dass dieser wichtige Satz für die Principien-Frage vom Ursprung des Menschen nicht die Bedeutung besitzt, die man ihm gewöhnlich zuschreibt. Denn wenn wir diesen Satz auch völlig ignoriren oder bei Seite schieben, so bleibt Alles bestehen, was wir über die Placentalthier-Natur des

Menschen durch die zoologischen Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Entwickelungsgeschichte erfahren haben. Durch diese wird die gemeinsame Descendenz des Menschen und der übrigen Säugethiere zweifellos bewiesen. Auch wird natürlich jene Principien-Frage nicht im mindesten dadurch verschoben oder beseitigt, dass man sagt: »Der Mensch ist allerdings ein Säugethier; aber er hat sich schon ganz unten an der Wurzel dieser Klasse von den übrigen Säugethieren abgezweigt und hat mit allen jetzt lebenden Mammalien keine nähere Verwandtschaft.« Mehr oder weniger nahe ist diese Verwandtschaft auf alle Fälle, wenn wir das Verhältniss der Säugethier-Klasse zu den übrigen vierzig Klassen des Thierreichs vergleichend untersuchen. Auf alle Fälle sind sämmtliche Säugethiere mit Inbegriff des Menschen gemeinsamen Ursprungs, und ebenso sicher ist es, dass die gemeinsamen Stammformen derselben sich aus einer langen Reihe von niederen Wirbelthieren allmählich entwickelt haben.

Offenbar ist es auch weniger der Verstand als das Gefühl, welches sich bei den meisten Menschen gegen ihre »Abstammung vom Affen« sträubt. Gerade weil uns in dem Affen-Organismus die Carricatur des Menschen, das verzerrte Ebenbild unserer Gestalt in wenig anziehender Form entgegentritt, weil die übliche ästhetische Betrachtung und Selbstverherrlichung des Menschen dadurch so empfindlich berührt wird, schaudern die meisten Menschen vor ihrem Affen-Ursprung zurück. Viel schmeichelhafter erscheint es, von einem höher entwickelten, göttlichen Wesen abzustammen, und daher hat auch bekanntlich seit Urzeiten die menschliche Eitelkeit sich darin gefallen, das Menschengeschlecht ursprünglich von Göttern oder Halbgöttern abstammen zu lassen. Die Kirche hat es verstanden, mit jener sophistischen Verdrehung der Begriffe, in der sie Meister ist, diesen lächerlichen Hochmuth als »christliche Demuth« zu verherrlichen: und dieselben Menschen, welche mit hochmüthigem Abscheu jeden Gedanken eines thierischen Ursprungs von sich weisen und sich für »Kinder Gottes« halten, dieselben lieben es, mit ihrem »demüthigen Knechtssinne« zu prahlen. Ueberhaupt spielt in den meisten Predigten, welche von Lehrkanzel und Altar gegen die Fortschritte der Entwickelungslehre gehalten werden, die menschliche Eitelkeit und Einbildung eine hervorragende Rolle; und obwohl wir diese Charakterschwäche bereits von den Affen geerbt haben, müssen wir doch gestehen, sie bis zu einem Grade weiter entwickelt zu haben, welcher das unbefangene Urtheil des »gesunden Menschen-Verstandes«

völlig zu Boden schlägt. Wir machen uns lustig über alle die kindischen Thorheiten, welche der lächerliche Ahnenstolz der Adelsgeschlechter seit den schönen Tagen des Mittelalters bis auf unsere Zeit hervorgebracht hat, und doch steckt ein gutes Stück von diesem unbegründeten Adelshochmuth in den allermeisten Menschen. Wie die meisten Leute ihren Familien-Stammbaum lieber auf einen heruntergekommenen Baron oder womöglich einen berühmten Fürsten, als auf einen unbekannten, niederen Bauern zurückführen, so wollen auch die Meisten als Urvater des Menschengeschlechts lieber einen durch Sündenfall herabgesunkenen Adam als einen entwickelungsfähigen und strebsamen Affen sehen. Das ist nun eben Geschmackssache, und insofern lässt sich über solche genealogische Neigungen nicht streiten. Ich muss jedoch gestehen, dass ich persönlich mir ebensoviel auf meinen Grossvater in väterlicher Linie einbilde, der ein einfacher schlesischer Bauer blieb, als auf meinen Grossvater in mütterlicher Linie, der sich vom rheinischen Rechtsgelehrten zu den höchsten Verwaltungs-Stellen im Staatsrathe emporschwang. Jedenfalls aber sagt es meinem persönlichen Geschmacke viel mehr zu, der weiter entwickelte Nachkomme eines Affen-Urahnen zu sein, der sich im Kampfe um's Dasein aus niederen Säugethieren, wie diese aus niederen Wirbelthieren fortschreitend entwickelte, als der herabgekommene Sprössling eines gottgleichen, aber durch den Sündenfall rückgebildeten Adam, der aus einem »Erdenklosse«, und einer Eva, die aus dessen Rippe »erschaffen« wurde. Was diese berühmte »Rippe« betrifft, so muss ich hier ausdrücklich noch als Ergänzung zur Entwickelungsgeschichte des Skelets hinzufügen, dass die Zahl der Rippen beim Manne und beim Weibe gleich gross ist. Bei letzterem ebenso wie bei ersterem entstehen die Rippen aus dem Hautfaserblatte und sind phylogenetisch als untere oder ventrale Wirbelbogen aufzufassen (S. 604).

Nun höre ich freilich sagen: »Das mag alles ganz gut und richtig sein, so weit es den menschlichen Körper betrifft, und nach den vorliegenden Thatsachen ist es wohl nicht mehr zu bezweifeln, dass dieser sich wirklich stufenweise und allmählich aus der langen Ahnenreihe der Wirbelthiere hervorgebildet hat. Aber ganz etwas anderes ist es mit dem „Geiste des Menschen“, mit der menschlichen Seele; diese kann sich unmöglich in gleicher Weise aus der Wirbelthier-Seele entwickelt haben!« Lassen Sie uns sehen, ob wir diesem schwer wiegenden Einwurfe mit den bekannten Thatsachen der vergleichenden Anatomie, Physiologie und Entwicke-

lungsgeschichte begegnen können. Zunächst werden wir hier einen festen Boden gewinnen, wenn wir die Seelen der verschiedenen Wirbelthiere vergleichend betrachten. Da finden wir innerhalb der verschiedenen Wirbelthier-Klassen und Ordnungen, Gattungen und Arten eine solche Fülle von verschiedenartigen Wirbelthier-Seelen neben einander, dass man auf den ersten Blick es kaum für möglich halten wird, sie alle von der Seele eines gemeinsamen »Urwirbelthieres« abzuleiten. Denken Sie nur zunächst an den kleinen Amphioxus, der noch gar kein Gehirn, sondern nur ein einfaches Markrohr besitzt, und dessen gesammte Seelenthätigkeit auf der niedersten Stufe unter den Wirbelthieren stehen bleibt. Auch die zunächst darüber stehenden Cyclostomen zeigen wenig mehr geistiges Leben, obwohl sie ein Gehirn besitzen. Gehen wir von da weiter zu den Fischen, so finden wir deren Intelligenz bekanntlich auch auf einer sehr tiefen Stufe verharren. Erst wenn wir von da höher zu den Amphibien aufsteigen, nehmen wir wesentliche Fortschritte in der geistigen Entwickelung wahr. Noch viel mehr ist das bei den Säugethieren der Fall, obwohl auch hier bei den Schnabelthieren und bei den zunächst darüber stehenden, stupiden Beutelthieren alle Geistesthätigkeiten noch auf einer niederen Stufe stehen bleiben. Aber wenn wir von hier zu den Placentalthieren hinaufsteigen, so finden wir innerhalb dieser formenreichen Gruppe so zahlreiche und so bedeutende Stufen in der Sonderung und Vervollkommnung vor, dass die Seelen-Unterschiede zwischen den dümmsten Placentalthieren (z. B. den Faulthieren und Gürtelthieren) und den gescheidtesten Thieren dieser Gruppe (z. B. den Hunden und Affen) viel bedeutender erscheinen als die psychischen Differenzen zwischen jenen niedersten Placentalthieren und den Beutelthieren oder selbst den niederen Wirbelthieren. Jedenfalls sind jene Differenzen weit bedeutender als die Unterschiede im Seelenleben der Hunde, Affen und Menschen. Und doch sind alle diese Thiere stammverwandte Glieder einer einzigen Klasse. (198)

In noch viel überraschenderem Grade zeigt uns dasselbe die vergleichende Psychologie einer anderen Thierklasse, welche aus vielen Gründen unser specielles Interesse erregt, nämlich der Insektenklasse. Bekanntlich offenbart sich bei vielen Insekten eine annähernd so hoch entwickelte Seelenthätigkeit, wie sie innerhalb der Wirbelthiergruppe nur der Mensch besitzt. Sie kennen wohl die berühmten Gemeindebildungen und Staaten der Bienen und Ameisen, und Sie wissen, dass hier höchst merkwürdige sociale Einrichtungen

sich finden, wie sie in dieser Entwickelung nur bei den höher entwickelten Menschenrassen, sonst aber nirgends im Thierreiche zu finden sind. Ich erinnere Sie bloss an die staatliche Organisation und Regierung, welche die monarchischen Bienen und die republikanischen Ameisen besitzen, an ihre Gliederung in verschiedene Stände: Königin, Drohnen-Adel, Arbeiter, Erzieher, Soldaten u. s. w. Zu den merkwürdigsten Erscheinungen in diesem höchst interessanten Lebensgebiete gehört jedenfalls die Viehzucht der Ameisen, welche die Blattläuse als Melkvieh züchten und regelmässig ihren Honigsaft abmelken. Noch merkwürdiger ist freilich die Sklavenhalterei der grossen rothen Ameisen, welche die Jungen der kleinen schwarzen Ameisen-Arten rauben und zu Sklavendiensten auferziehen. Dass alle diese staatlichen und socialen Einrichtungen der Ameisen durch das planmässige Zusammenwirken zahlreicher Staatsbürger entstanden sind, und dass diese sich unter einander verständigen, weiss man schon lange. Durch zahlreiche Beobachtungen ist die erstaunlich hohe Entwickelung der Geistesthätigkeit bei diesen kleinen Gliederthieren ausser Zweifel gestellt. Nun vergleichen Sie damit einmal, wie es Darwin thut, die Seelenthätigkeit vieler niederen und namentlich vieler parasitischen Insekten. Da giebt es z. B. Schildläuse (*Coccus*), die im erwachsenen Zustande einen völlig unbeweglichen und auf den Blättern von Pflanzen festgewachsenen schildförmigen Körper darstellen. Ihre Füsse sind verkümmert. Ihr Schnabel ist in das Gewebe der Pflanzen eingesenkt, deren Säfte sie aussaugen. Die ganze Seelenthätigkeit dieser regungslosen weiblichen Parasiten besteht in dem Genusse, den ihnen das Saugen dieser Säfte und der Geschlechtsverkehr mit den beweglichen Männchen gewährt. Dasselbe gilt von den madenförmigen Weibchen der Fächerflügler (*Strepsiptera*), die flügellos und fusslos ihr ganzes Leben parasitisch und unbeweglich im Hinterleibe von Wespen zubringen. Von irgend welcher höheren Geistesthätigkeit ist da gar keine Rede. Wenn Sie nun diese viehischen Parasiten mit jenen geistig so beweglichen und regsamen Ameisen vergleichen, so werden Sie sicher zugeben, dass die psychischen Unterschiede zwischen Beiden viel grösser sind als die Seelen-Unterschiede zwischen den niedersten und höchsten Säugethieren, zwischen den Schnabelthieren, Beutelthieren und Gürtelthieren einerseits, den Hunden, Affen und Menschen anderseits. Und doch gehören alle jene Insekten zu einer einzigen Gliederthier-Klasse, eben so wie alle diese Säugethiere zweifellos zu einer einzigen Wirbelthier-Klasse gehören. Und ebenso wie jeder consequente Anhänger der

Entwickelungslehre für alle jene Insekten eine gemeinsame Stammform annehmen muss, ebenso muss er auch für alle diese Säugethiere eine gemeinsame Abstammung nothwendig behaupten.

Wenden wir uns nun von der vergleichenden Betrachtung der Seelenthätigkeit der verschiedenen Thiere zu der Frage nach den Organen dieser Function, so erhalten wir die Antwort, dass dieselbe bei allen höheren Thieren stets an bestimmte Zellengruppen gebunden ist, und zwar an jene Zellen, welche das Central-Nervensystem zusammensetzen. Alle Naturforscher ohne Ausnahme stimmen darin überein, dass das Central-Nervensystem das Organ des Seelenlebens der Thiere ist, und man kann ja auch jederzeit diese Behauptung experimentell beweisen. Wenn wir das Central-Nervensystem ganz oder theilweise zerstören, so vernichten wir damit zugleich ganz oder theilweise die »Seele« oder die psychische Thätigkeit des Thieres. Wir werden also zunächst zu fragen haben, wie sich das Seelen-Organ beim Menschen verhält. Die unbestreitbare Antwort hierauf wissen Sie bereits. Das Seelen-Organ des Menschen ist seinem Bau und Ursprung nach dasselbe Organ, wie dasjenige aller anderen Wirbelthiere. Es entsteht als einfaches Markrohr oder Medullarrohr aus der äusseren Haut des Embryo, aus dem Hautsinnesblatte oder dem ersten secundären Keimblatte. In seiner allmählichen Entwickelung beim menschlichen Embryo durchläuft es dieselben Stufen der Ausbildung, wie das Central-Nervensystem aller anderen Säugethiere, und wie diese letzteren zweifellos eines gemeinsamen Ursprungs sind, so muss auch ihr Gehirn und Rückenmark desselben Ursprungs sein.

Die Physiologie lehrt uns ferner durch Beobachtung und Experiment, dass das Verhältniss der »Seele« zu ihrem Organ, dem Gehirn und Rückenmark, ganz dasselbe beim Menschen wie bei allen übrigen Säugethieren ist. Jene erstere kann ohne diese letztere überhaupt nicht thätig sein: sie ist an dasselbe ebenso gebunden wie die Muskelbewegung an den Muskel. Sie kann sich daher auch nur im Zusammenhang mit ihm entwickeln. Wenn wir nun Anhänger der Descendenz-Theorie sind, und wenn wir den causalen Zusammenhang zwischen der Ontogenese und der Phylogenese zugestehen, so werden wir jetzt zur Anerkennung folgender Sätze gezwungen sein: Die Seele oder »Psyche« des Menschen hat sich als Function des Markrohrs mit diesem zugleich entwickelt, und wie noch jetzt bei jedem menschlichen Individuum Gehirn und Rückenmark sich aus dem einfachen Markrohr entwickeln, so hat sich auch der »Menschen-Geist«

oder die Seelenthätigkeit des ganzen Menschengeschlechts allmählich und stufenweise aus der niederen Wirbelthierseele entwickelt. Wie noch heute bei jedem menschlichen Individuum der complicirte Wunderbau des Gehirns sich Schritt für Schritt ganz aus derselben Grundlage, aus denselben einfachen fünf Hirnblasen wie bei allen anderen Schädelthieren hervorbildet, so hat auch die Menschenseele sich im Laufe von Jahrmillionen allmählich aus der Schädelthier-Seele hervorgebildet; und wie noch jetzt bei jedem menschlichen Embryo das Gehirn sich nach dem speciellen Typus des Affen-Gehirns differenzirt, so hat sich auch die Menschen-Psyche historisch aus der Affen-Seele differenzirt.

Freilich wird diese monistische Auffassung von den meisten Menschen mit Entrüstung zurückgewiesen und dagegen die dualistische Ansicht vertreten, welche den untrennbaren Zusammenhang von Gehirn und Seele leugnet, und welche »Körper und Geist« als zwei ganz verschiedene Dinge betrachtet. Allein wie sollen wir diese allgemein verbreitete Ansicht mit den Ihnen bekannten Thatsachen der Entwickelungsgeschichte zusammenreimen? Jedenfalls bietet dieselbe ebenso grosse und ebenso unübersteigliche Schwierigkeiten für die Keimesgeschichte, wie für die Stammesgeschichte. Wenn man mit den meisten Menschen annimmt, dass die Seele ein selbstständiges unabhängiges Wesen ist, welches ursprünglich mit dem Körper nichts zu thun hat, sondern nur zeitweilig in demselben wohnt und welches seine Empfindungen durch das Gehirn ebenso äussert, wie der Klavierspieler durch das Klavier, so muss man in der Keimesgeschichte des Menschen einen Zeitpunkt annehmen, in welchem die Seele in den Körper und zwar in das Gehirn eintritt; und man muss ebenso beim Tode einen Augenblick annehmen, in welchem dieselbe den Körper wieder verlässt. Da ferner jeder Mensch bestimmte individuelle Seelen-Eigenschaften von beiden Eltern geerbt hat, so muss man annehmen, dass beim Zeugungs-Acte Seelen-Portionen von letzteren auf den Keim übertragen werden. Ein Stückchen Vater-Seele begleitet die Spermazelle, ein Stückchen Mutter-Seele bleibt bei der Eizelle. Bei dieser dualistischen Ansicht bleiben unbegreiflich die Erscheinungen der Entwickelung. Wir alle wissen, dass das neugeborne Kind kein Bewusstsein, keine Erkenntniss von sich selbst und von der umgebenden Welt besitzt. Wer selbst Kinder hat, und deren geistige Entwickelung verfolgt, kann bei unbefangener Beobachtung derselben unmöglich leugnen, dass hier biologische Entwickelungs-Processe walten. Wie alle anderen Functionen

unseres Körpers sich im Zusammenhange mit ihren Organen entwickeln, so auch die Seele im Zusammenhang mit dem Gehirn. Ist ja doch gerade die stufenweise Entwickelung der Kindes-Seele eine so wundervolle und herrliche Erscheinung, dass jede Mutter und jeder Vater, die offene Augen zum Beobachten besitzen, nicht müde werden. sich daran zu ergötzen. Nur allein die Lehrbücher der Psychologie wissen von einer solchen Entwickelung Nichts und man muss fast auf den Gedanken kommen, dass die Verfasser derselben niemals selbst Kinder besessen haben. Die Menschen-Seele, wie sie in den allermeisten psychologischen Werken dargestellt wird, ist nur die einseitig ausgebildete Seele eines gelehrten Philosophen, der zwar sehr viel Bücher kennt, aber Nichts von Entwickelungsgeschichte weiss und nicht daran denkt, dass auch diese seine eigene Seele sich entwickelt hat.

Dieselben dualistischen Philosophen müssen natürlich, wenn sie consequent sind, auch für die Stammesgeschichte der menschlichen Seele einen Moment annehmen, in welchem dieselbe zuerst in den Wirbelthier-Körper des Menschen »eingefahren« ist. Demnach müsste zu jener Zeit, als der menschliche Körper sich aus dem anthropoiden Affen-Körper entwickelte, (also wahrscheinlich in der neueren Tertiär-Zeit) plötzlich einmal ein specifisch menschliches Seelen-Element — oder wie man es auszudrücken pflegt, ein »göttlicher Funke« — in das anthropoide Affengehirn hineingefahren oder hineingeblasen sein und sich hier der bereits vorhandenen Affenseele associirt haben. Welche theoretischen Schwierigkeiten diese Vorstellung darbietet. brauche ich Ihnen nicht auseinander zu setzen. Ich will nur darauf hinweisen, dass auch dieser »göttliche Funke«, durch den sich die menschliche Psyche von allen Thierseelen unterscheiden soll. doch selbst wieder ein entwickelungsfähiges Ding sein muss und thatsächlich im Laufe der Menschengeschichte sich fortschreitend entwickelt hat. Gewöhnlich versteht man unter diesem »göttlichen Funken« die »Vernunft« und meint damit dem Menschen eine Seelen-Function zuzuweisen, die ihn von allen »unvernünftigen Thieren« unterscheidet. Die vergleichende Psychologie beweist uns aber, dass dieser Grenzpfahl zwischen Mensch und Thier keinenfalls haltbar ist[198]. Entweder nehmen wir den Begriff der Vernunft im weiteren Sinne und dann kommt dieselbe den höheren Säugethieren (Affen. Hunden. Elephanten. Pferden) ebenso gut wie den meisten Menschen zu: oder wir fassen den Begriff der Vernunft im engeren Sinne. und dann fehlt sie der Mehrzahl der Menschen eben so gut wie den meisten Thieren.

Im Ganzen gilt noch heute von der Vernunft des Menschen dasselbe, was seiner Zeit GOETHE's Mephisto sagte:

»Ein wenig besser würd' er leben,
»Hätt'st Du ihm nicht den Schein des Himmelslichts gegeben:
»Er nennt's »Vernunft« und braucht's allein,
»Nur thierischer als jedes Thier zu sein.«

Wenn wir demnach diese allgemein beliebten und in vieler Beziehung recht angenehmen dualistischen Seelen-Theorien als völlig unhaltbar, weil mit den genetischen Thatsachen unvereinbar, fallen lassen müssen, so bleibt uns nur die entgegengesetzte monistische Ansicht übrig, wonach die Menschen-Seele, gleich jeder anderen Thier-Seele, eine Function des Central-Nervensystems ist und in untrennbarem Zusammenhange mit diesem sich entwickelt hat. Ontogenetisch sehen wir das an jedem Kinde. Phylogenetisch müssen wir dasselbe nach dem biogenetischen Grundgesetze behaupten. Wie sich bei jedem menschlichen Embryo aus dem Hautsinnesblatte das Markrohr, aus dessen Vordertheil die fünf Hirnblasen der Schädelthiere und aus diesen das Säugethier-Gehirn entwickelt, (zuerst mit den Charakteren der niederen, dann mit denen der höheren Säugethiere), und wie dieser ganze ontogenetische Process nur eine kurze, durch Vererbung bedingte Wiederholung desselben Vorganges in der Phylogenese der Wirbelthiere ist, so hat sich auch die wunderbare Seelenthätigkeit des Menschengeschlechts im Laufe vieler Jahrtausende stufenweise aus der unvollkommneren Seelenthätigkeit der niederen Wirbelthiere Schritt für Schritt hervorgebildet, und die Seelen-Entwickelung jedes Kindes ist nur eine kurze Wiederholung jenes langen phylogenetischen Processes.

Hier werden Sie nun auch inne werden, welche ausserordentliche Bedeutung die Anthropogenie im Lichte des biogenetischen Grundgesetzes für die Philosophie erlangen wird. Die speculativen Philosophen, die sich der ontogenetischen Thatsachen bemächtigen und dieselben (jenem Gesetze gemäss) phylogenetisch deuten werden, die werden einen grösseren Fortschritt in der Geschichte der Philosophie herbeiführen, als den grössten Denkern aller Jahrhunderte bisher gelungen ist. Unzweifelhaft muss jeder consequente und klare Denker aus den Ihnen vorgeführten Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie eine Fülle von anregenden Gedanken und Betrachtungen schöpfen, die ihre Wirkung auf die weitere Entwickelung der philosophischen Weltanschauung nicht verfehlen können. Ebenso kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die gehö-

rige Erwägung und die vorurtheilsfreie Beurtheilung dieser Thatsachen zu dem entscheidenden Siege derjenigen philosophischen Richtung führen wird, die wir mit einem Worte als monistische oder mechanische bezeichnen, im Gegensatze zu der dualistischen oder teleologischen, auf welcher die meisten philosophischen Systeme des Alterthums wie des Mittelalters und der neueren Zeit beruhen. Diese mechanische oder monistische Philosophie behauptet, dass überall in den Erscheinungen des menschlichen Lebens, wie in denen der übrigen Natur, feste und unabänderliche Gesetze walten, dass überall ein nothwendiger ursächlicher Zusammenhang, ein Causalnexus der Erscheinungen besteht und dass demgemäss die ganze, uns erkennbare Welt ein einheitliches Ganzes, ein »*Monon*« bildet. Sie behauptet ferner, dass alle Erscheinungen nur durch mechanische Ursachen (*causae efficientes*), nicht durch vorbedachte zweckthätige Ursachen (*causae finales*) hervorgebracht werden. Einen »freien Willen« im gewöhnlichen Sinne giebt es hiernach nicht. Vielmehr erscheinen im Lichte dieser monistischen Weltanschauung auch diejenigen Erscheinungen, die wir als die freisten und unabhängigsten zu betrachten uns gewöhnt haben, die Aeusserungen des menschlichen Willens, gerade so festen Gesetzen unterworfen, wie jede andere Natur-Erscheinung. In der That lehrt uns jede unbefangene und gründliche Prüfung unserer »freien« Willenshandlungen, dass dieselben niemals wirklich frei, sondern stets durch vorausgegangene ursächliche Momente bestimmt sind, welche sich entweder auf Vererbung oder auf Anpassung schliesslich zurückführen lassen. Ueberhaupt können wir demnach die beliebte Unterscheidung von Natur und Geist nicht zugeben. Ueberall in der Natur ist Geist, und einen Geist ausser der Natur kennen wir nicht. Daher ist auch die übliche Unterscheidung von Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft ganz unhaltbar. Jede Wissenschaft als solche ist Natur- und Geistes-Wissenschaft zugleich. Der Mensch steht nicht über der Natur, sondern in der Natur.

Allerdings lieben es die Gegner der Entwickelungslehre, die darauf gegründete monistische Philosophie als »Materialismus« zu verketzern, indem sie zugleich die philosophische Richtung dieses Namens mit dem gar nicht dazu gehörigen und ganz verwerflichen sittlichen Materialismus vermengen. Allein streng genommen könnte man unseren »Monismus« mit ebenso viel Recht oder Unrecht als Spiritualismus, wie als Materialismus bezeichnen. Die eigentliche materialistische Philosophie behauptet, dass die Bewegungs-Erscheinungen

des Lebens, gleich allen anderen Bewegungs-Erscheinungen, Wirkungen oder Producte der Materie sind. Das andere, entgegengesetzte Extrem, die spiritualistische Philosophie, behauptet gerade umgekehrt, dass die Materie das Product der bewegenden Kraft ist, und dass alle materiellen Formen durch freie und davon unabhängige Kräfte hervorgebracht sind. Also nach der einseitigen materialistischen Weltanschauung ist die Materie oder der Stoff früher da als die lebendige Kraft; nach der ebenso einseitigen spiritualistischen Weltanschauung umgekehrt. Beide Anschauungen sind dualistisch und beide Anschauungen halten wir für gleich falsch. Der Gegensatz beider Anschauungen hebt sich für uns auf in der monistischen Philosophie, welche sich Kraft ohne Materie eben so wenig denken kann, wie Materie ohne Kraft. Versuchen Sie nur einmal vom streng naturwissenschaftlichen Standpunkte aus darüber längere Zeit nachzudenken, und Sie werden bei genauerer Prüfung finden, dass Sie sich das Eine ohne das Andere überhaupt gar nicht klar vorstellen können. Wie schon GOETHE sagte, »kann die Materie nie ohne Geist, der Geist nie ohne Materie existiren und wirksam sein«. [12])

»Geist« und »Seele« des Menschen sind auch nichts Anderes, als Kräfte, die an das materielle Substrat unseres Körpers untrennbar gebunden sind. Wie die Bewegungskraft unseres Fleisches an die Form-Elemente der Muskeln, so ist die Denkkraft unseres Geistes an die Form-Elemente des Gehirns gebunden. Unsere Geisteskräfte sind ebenso Functionen dieser Körpertheile, wie jede »Kraft« die Function eines materiellen Körpers ist. Wir kennen gar keinen Stoff, der nicht Kräfte besässe und wir kennen umgekehrt keine Kräfte, die nicht an Stoffe gebunden sind. Wenn die Kräfte als Bewegungen in die Erscheinung treten, nennen wir sie lebendige (active) Kräfte oder Thatkräfte; wenn die Kräfte hingegen im Zustande der Ruhe oder des Gleichgewichts sind, nennen wir sie gebundene (latente) Kräfte oder Spannkräfte [199]). Das gilt ganz ebenso von den anorganischen, wie von den organischen Naturkörpern. Der Magnet, der Eisenspähne anzieht, das Pulver, das explodirt, der Wasserdampf, der die Locomotive treibt, sind lebendige Anorgane; sie wirken ebenso durch lebendige Kraft, wie die empfindsame Mimose, die bei der Berührung ihre Blätter zusammenfaltet, wie der ehrwürdige Amphioxus, der sich im Sande des Meeres vergräbt, wie der Mensch, der denkt. Nur sind in diesen letzteren Fällen die Combinationen der verschiedenen Kräfte, welche als »Bewegung«

in die Erscheinung treten, viel verwickelter und viel schwieriger zu erkennen, als in jenen ersteren Fällen.

Unsere Anthropogenie hat uns zu dem Resultate geführt, dass auch in der gesammten Entwickelungsgeschichte des Menschen, in der Keimes-, wie in der Stammesgeschichte, keine anderen lebendigen Kräfte wirksam sind, als in der übrigen organischen und anorganischen Natur. Alle die Kräfte, die dabei wirksam sind, konnten wir zuletzt auf das Wachsthum zurückführen, auf jene fundamentale Entwickelungs-Function, durch welche ebenso die Formen der Anorgane wie der Organismen entstehen. Das Wachsthum selbst beruht wieder auf Anziehung und Abstossung gleichartiger und ungleichartiger Theilchen[194]. Dadurch ist ebenso der Mensch wie der Affe, ebenso die Palme wie die Alge, ebenso der Krystall wie das Wasser entstanden. Die Entwickelung des Menschen erfolgt demgemäss nach denselben »ewigen, eh'rnen Gesetzen«, wie die Entwickelung jedes anderen Naturkörpers.

Freilich sind die Vorurtheile, welche der allgemeinen Anerkennung dieser »natürlichen Anthropogenie« entgegenstehen, auch heute noch ungeheuer mächtig; sonst würde schon jetzt der uralte Streit der verschiedenen philosophischen Systeme zu Gunsten des Monismus entschieden sein. Es lässt sich aber mit Sicherheit voraussehen, dass die allgemeinere Bekanntschaft mit den genetischen Thatsachen jene Vorurtheile mehr und mehr vernichten und den Sieg der naturgemässen Auffassung von der »Stellung des Menschen in der Natur« herbeiführen wird. Wenn man dieser Aussicht gegenüber vielfältig die Befürchtung aussprechen hört, dass dadurch ein Rückschritt in der intellectuellen und moralischen Entwickelung des Menschen herbeigeführt werde, so kann ich Ihnen dagegen meine Ueberzeugung nicht verbergen, dass dadurch gerade umgekehrt die fortschreitende Entwickelung des menschlichen Geistes in ungewöhnlichem Maasse gefördert werden wird. Jedenfalls wünsche und hoffe ich, Sie durch diese Vorträge davon fest überzeugt zu haben, dass das wahre wissenschaftliche Verständniss des menschlichen Organismus nur auf demjenigen Wege erlangt werden kann, welchen wir überhaupt in der organischen Naturforschung als den einzig richtigen und zum Ziele führenden anerkennen müssen, auf dem Wege der

Entwickelungsgeschichte!

Noten,

Anmerkungen und Literaturnachweise.

---

1. (S. 3.) Anthropogenie (griechisch) = Entwickelungsgeschichte des Menschen; von *Anthropos* (ἄνθρωπος) = Mensch, und *Geneä* (γενεά) = Entwickelungsgeschichte. Ein eigentliches griechisches Wort für »Entwickelungsgeschichte« giebt es nicht; man gebraucht statt dessen entweder γενεά (= Abstammung, Abkunft) oder γονεία (= Zeugung). Wenn man *Goneia* dem *Genea* vorzieht, so muss man *Anthropogonie* schreiben. Das von Josephus zuerst gebrauchte Wort »*Anthropogonie*« bedeutet jedoch blos »Menschen-Erzeugung«. *Genesis* (γένεσις) bedeutet: »Entstehung, Entwickelung«; daher *Anthropogenesis* = »Entwickelung des Menschen«.

2. (S. 4.) Embryo (griechisch) = Keim (ἔμβρυον). Eigentlich »τὸ ἐντὸς τῆς γαστρὸς βρύον« (Eust.), d. h. »die ungeborene Frucht im Mutterleibe« (bei den Römern *Foetus*, richtiger *Fetus*). Diesem ursprünglichen Sinne gemäss sollte man den Ausdruck *Embryo* stets nur auf denjenigen jugendlichen Organismus anwenden, der noch »von der Eihülle umschlossen ist«. (Vergl. meine Generelle Morphologie, Bd. II, S. 20.) Missbräuchlich werden aber häufig auch verschiedene, frei bewegliche Jugendzustände von niederen Thieren (Larven u. s. w.) als »Embryonen« bezeichnet. Das embryonale Leben endet mit dem Geburtsacte.

3. (S. 5.) Embryologie (griechisch) = Keimlehre, von *Embryon* (ἔμβρυον) = Keim, und *Logos* (λόγος) = Lehre. Sehr häufig wird noch heute die gesammte »Entwickelungsgeschichte des Individuums« fälschlich als »Embryologie« bezeichnet. Denn entsprechend dem Begriffe *Embryo* (Note 2) sollte man unter *Embryologie* oder *Embryogenie* nur die »Entwickelungsgeschichte des Individuums innerhalb der Eihüllen« verstehen. Sobald der Organismus dieselben verlassen hat, ist er nicht mehr eigentlicher »Embryo«. Die späteren Veränderungen desselben sind Gegenstand der Metamorphosenlehre oder *Metamorphologie*.

4. (S. 5.) Ontogenie (griechisch) = Keimesgeschichte oder »Individuelle Entwickelungsgeschichte«; von *Onta* (ὄντα) = Individuen, und *Genea* (γενεά) = Entwickelungsgeschichte. (Vergl. Note 1.) Die Ontogenie als die gesammte »Entwickelungsgeschichte des Individuums« umfasst sowohl die Embryologie als die Metamorphologie (Note 3). Gener. Morphol. Bd. II, S. 30.

5. (S. 6.) Phylogenie (griechisch) = Stammesgeschichte oder »Paläontologische Entwickelungsgeschichte«; von *Phylon* (φῦλον) = Stamm, und *Genea* (γενεά) = Entwickelungsgeschichte. Unter *Phylon* verstehen wir stets die Gesammtheit aller blutsverwandten Organismen, die von einer gemeinsamen typischen Stammform abstammen. Die Phylogenie umfasst Palaeontologie und Genealogie. Gener. Morphol. Bd. II, S. 305.

6. (S. 6.) Biogenie (griechisch) = Entwickelungsgeschichte der Organismen oder der lebendigen Naturkörper im weitesten Sinne! (*Geneä tu biu.*) βίος = Leben.

7. (S. 6.) Das biogenetische Grundgesetz. Vergl. meine »Allgemeine Entwickelungsgeschichte der Organismen« (Generelle Morphologie, 1866, Bd. II), S. 300 (Thesen von dem Causalnexus der biontischen und der phyletischen Entwickelung); ferner meine »Philosophie der Kalkschwämme« (Monographie der Kalkschwämme, 1872, Bd. I, 471); sowie meine »Natürliche Schöpfungsgeschichte« (VI. Auflage, 1875, S. 362).

8. (S. 9.) Palingenesis (griechisch) = Ursprüngliche Entwickelung, von *Palingenesia* (παλιγγενεσία) = Wiedergeburt, Wiederaufleben, Erneuerung des früheren Entwickelungsganges. Daher *Palingenie* = Auszugsgeschichte (von πάλιν = Wiederholt, und γενεά Entwickelungsgeschichte).

9. (S. 9.) Cenogenesis (griechisch) = Abgeänderte Entwickelung, von *Cenos* (κενός) = fremd, bedeutungslos, nichtig; und *Geneā* (γενεά) = Entwickelungsgeschichte. Die Veränderungen der Palingenesis, welche durch die Cenogenesis eingeführt werden, sind Fälschungen, fremde nichtige Zuthaten zu dem ursprünglichen wahren Entwickelungsgang. *Cenogenie* = Fälschungsgeschichte.

10. (S. 11.) Lateinische Fassung des biogenetischen Grundgesetzes: »Ontogenesis summarium vel recapitulatio est phylogeneseos, tanto integrius, quanto hereditate palingenesis conservatur, tanto minus integrum, quanto adaptatione cenogenesis introducitur.« Vergl. meine »Ziele und Wege der heutigen Entwickelungsgeschichte« (Jena 1875, S. 77).

11. (S. 14.) Werkthätige und zweckthätige Ursachen. Die mechanische Naturphilosophie nimmt an, dass überall in der Natur, in den organischen wie in den anorganischen Processen, ausschliesslich unbewusste oder werkthätige, nothwendig wirkende Ursachen existiren (*Causae efficientes*, *Mechanismus*, *Causalitaet*). Hingegen behauptet die vitalistische Naturphilosophie, dass letztere nur in den anorganischen Processen ausschliesslich wirken, während in den organischen daneben noch besondere Zweckursachen thätig sind, bewusste oder zweckthätige, zweckmässig wirkende Ursachen (*Causae finales*, *Vitalismus*, *Teleologie*). (Vergl. meine Generelle Morphologie, Bd. I, S. 94.)

12. (S. 15.) Monismus und Dualismus. Die Einheitsphilosophie oder der *Monismus* ist weder extrem materialistisch, noch extrem spiritualistisch, sondern erscheint als Versöhnung und Verschmelzung dieser entgegengesetzten Principien, indem sie überall die ganze Natur als Einheit erfasst und überall nur werkthätige Ursachen anerkennt. Die Doppel-Philosophie hingegen oder der *Dualismus* hält Natur und Geist, Stoff und Kraft, anorganische und organische Natur für getrennte, grundverschiedene und unabhängige Existenzen. Vergl. S. 737.

13. (S. 17.) Morphologie und Physiologie. Die Morphologie (als die Formenlehre) und die Physiologie (als die Functionslehre der Organismen) sind zwar eng zusammengehörige, aber coordinirte, von einander unabhängige Wissenschaften. Beide zusammen bilden die Biologie oder »Organismen-Lehre«. Jede von beiden hat ihre besondere Methoden und Hilfsmittel. Vergl. Gener. Morphol. Bd. I, S. 17—21.

14. (S. 18.) Morphogenie und Physiogenie. Die bisherige Biogenie oder »Entwickelungsgeschichte der Organismen« war fast ausschliesslich *Morphogenie*. Wie diese uns erst das wahre Verständniss der organischen Formen eröffnet hat, so wird uns später die *Physiogenie* die tiefere Erkenntniss der Functionen durch Aufdeckung ihrer historischen Entwickelung ermöglichen. Sie hat die fruchtbarste Zukunft. Vergl. meine »Ziele und Wege der heutigen Entwickelungsgeschichte« 1876 (S. 92—98).

15. (S. 24.) Aristoteles, Fünf Bücher von der Zeugung und Entwickelung der Thiere. (Griechisch: *Peri Zoōn Genĕseos* = περὶ ζώων γενέσεως). Griechisch und Deutsch von Aubert und Wimmer. Leipzig 1860.

16. (S. 24.) Parthenogenesis. Ueber die »jungfräuliche Zeugung« oder die »unbefleckte Empfängniss« der wirbellosen Thiere, insbesondere der Gliederthiere (Crustaceen, Insecten), vergl. Siebold, Beiträge zur Parthenogenesis der Arthropoden. Leipzig 1871. Georg Seidlitz, Die Parthenogenesis und ihr Verhältniss zu den übrigen Zeugungs-Arten im Thierreich. Leipzig 1872.

17. (S. 29.) Praeformations-Theorie. Diese Theorie wird in Deutschland gewöhnlich als »*Evolutions-Theorie*«, im Gegensatz zur *Epigenesis-Theorie* bezeichnet. Da aber in England, Frankreich und Italien meistens umgekehrt diese letztere »*Evolutions-Theorie*« genannt und mithin »Evolution« und »Epigenesis« als gleichbedeutend gebraucht werden, erscheint es zweckmässiger, jene erstere *Praeformations-Theorie* zu nennen. Neuerdings hat wieder Koelliker seine »Theorie der heterogenen Zeugung« (Note 47) als »*Evolutionismus*« bezeichnet. Vergl. das Vorwort S. XXII.

18. (S. 31.) Alfred Kirchhoff, *Caspar Friedrich Wolff*, sein Leben und seine Bedeutung für die Lehre von der organischen Entwickelung. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, 1868. Bd. IV, S. 193.

19. (S. 35.) Caspar Friedrich Wolff's hinterlassene Schriften sind zum Theil noch nicht publicirt. Manuscripte liegen in Petersburg. Seine bedeutendsten Schriften bleiben die Doctor-Dissertation *Theoria generationis* (1759, später auch in's Deutsche übersetzt) und die mustergültige Abhandlung De formatione intestinorum (Ueber die Bildung des Darmcanals). Nov. Comment. Acad. Sc. Petropol. XII, 1768; XIII, 1769. Deutsch von Meckel. Halle 1812.

20. (S. 43.) Christian Pander, *Historia metamorphoseos, quam ovum incubatum prioribus quinque diebus subit. Wirceburgi 1817. (Dissertatio inauguralis).* — Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Hühnchens im Eie. Würzburg 1817.

21. (S. 43.) Carl Ernst Baer, über Entwickelungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion. 2 Bände. Königsberg 1828—1837. Ausser diesem Hauptwerke vergleiche: Nachrichten über Leben und Schriften des Dr. Carl Ernst Baer, mitgetheilt von ihm selbst. Petersburg 1865.

22. (S. 49.) Albert Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere (II. umgearb. Aufl. 1876) enthält auf p. 28—40 ein Verzeichniss der ontogenetischen Literatur. Ueber die neuesten Bereicherungen derselben vergl. die »Jahresberichte über die Leistungen und Fortschritte der Medicin« (Berlin) von Virchow und Hirsch (Entwickelungsgeschichte von Waldeyer); ferner die »Jahresberichte über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie« von Hofmann und Schwalbe (Leipzig); Entwickelungsgeschichte von R. Hertwig und Nitsche. A. Kowalevsky's Ontogenetische Untersuchungen sind zum grössten Theile in den »Memoires de l'Académie impériale de St. Petersburg« enthalten (vom Jahre 1866 an). Ein anderer Theil derselben ist in Max Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie und in anderen Zeitschriften publicirt.

23. (S. 49.) Theodor Schwann, Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin 1839.

24. (S. 56.) Ernst Haeckel, die Gastraea-Theorie, die phylogenetische Classification des Thierreichs und die Homologie der Keimblätter. Jenaische Zeitschr. für Naturw. Bd. VIII. 1874, S. 1—56.

25. (S. 62.) Ernst Haeckel, Natürliche Schöpfungs-Geschichte. 24 Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwickelungslehre im Allgemeinen und über diejenige von Darwin, Goethe und Lamarck im Besonderen. Mit 16 Tafeln, 20 Holzschnitten und 37 systematischen Tabellen. VI. Aufl. 1876. Zweiter Vortrag: Schöpfungsgeschichte nach Linné.

26. (S. 66.) Fritz Schultze, Kant und Darwin. Ein Beitrag zur Geschichte der Entwickelungslehre. Jena 1875.

27. (S. 66.) Immanuel Kant, Kritik der teleologischen Urtheilskraft, 1790. §. 74 und §. 79. Vergl. meine Natürl. Schöpfungsgesch. VI. Aufl. S. 90—94.

28. (S. 68.) Jean Lamarck, Philosophie Zoologique ou Exposition des considerations relatives à l'histoire naturelle des animaux etc. 2 Tomes. Paris 1809. Nouvelle édition, revue et précédée d'une introduction biographique par Charles Martins. Paris 1873. In's Deutsche übersetzt von Arnold Lang. Jena 1875.

29. (S. 72.) Wolfgang Goethe, zur Morphologie. Bildung und Umbildung organischer Naturen. Vergl. über Goethe's morphologische Studien vorzüglich Oskar Schmidt, Goethe's Verhältniss zu den organischen Naturwissenschaften (Jena 1853); Rudolph Virchow, Goethe als Naturforscher (Berlin 1861); Helmholtz, Ueber Goethe's naturwissenschaftliche Arbeiten (Popul. wissenschaftl. Vorträge. Braunschweig 1865).

30. (S. 79.) Ueber Charles Darwin's Leben und Schriften vergl. Preyer, *Charles Darwin* (»Ausland«, No. 14, 1870). Das fundamentale Hauptwerk Darwin's bleibt dasjenige »über den Ursprung der Arten durch natürliche Züchtung«. *On the origin of Species by mean's of natural selection.* 1859. (VI. *Edition* 1872.)

31. (S. 81.) Darwin und Wallace. Den Grundgedanken der Selections-Theorie haben Charles Darwin und Alfred Wallace unabhängig von einander gefunden. Daraus folgt jedoch noch nicht, dass die Verdienste des letzteren um die Förderung der Entwickelungslehre mit denjenigen des ersteren irgendwie zu vergleichen sind. Da neuerdings mehrere Gegner Darwin's, namentlich der englische Jesuit Mivart, bemüht sind, den Dualisten und Spiritisten Wallace besonders auf Kosten Darwin's hervorzuheben und des letzteren Werth herabzusetzen, will ich hier ausdrücklich hervorheben, dass Darwin's Verdienste ungleich grösser sind. Wallace hat durch seine Alliance mit den Geisterklopfern und Gespenster-Beschwörern Englands dem Ansehen der Entwicklungs-Theorie mehr geschadet, als durch seine originalen Beiträge derselben genützt.

32. (S. 82.) Von Thomas Huxley's Schriften sind ausser den im Texte angeführten vorzüglich folgende populäre Werke hervorzuheben: Ueber unsere Kenntniss von den Ursachen der Erscheinungen in der organischen Natur (übersetzt von Carl Vogt, 1865) und: Grundriss der Physiologie in populären Vorlesungen, 1871.

33. (S. 83.) Gustav Jaeger, Zoologische Briefe. Wien 1876. Lehrbuch der allgemeinen Zoologie. Stuttgart 1875.

34. (S. 83.) Friedrich Rolle, Der Mensch, seine Abstammung und Gesittung im Lichte der Darwin'schen Lehre und auf Grund der neueren geologischen Entdeckungen dargestellt. Frankfurt 1866.

35. (S. 83.) Ernst Haeckel, Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie. I. Band: Allgemeine Anatomie. II. Band: Allgemeine Entwickelungsgeschichte. Berlin 1866.

36. (S. 84.) Charles Darwin, *The descent of man and selection in relation to sex.* 2 Voll. London 1871. In's Deutsche übersetzt von Victor Carus unter dem Titel: Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl. 2 Bde. Stuttgart 1871.

37. (S. 88.) Carl Gegenbaur, Grundzüge der vergleichenden Anatomie. Leipzig. II. Aufl. 1870. Grundriss der vergleichenden Anatomie (dritte, umgearbeitete und verkürzte Auflage der Grundzüge). 1874.

38. (S. 92.) Migrations-Theorie. Moritz Wagner, Die Darwin'sche Theorie und das Migrations-Gesetz der Organismen. Leipzig 1868. August Weismann, Ueber den Einfluss der Isolirung auf die Artenbildung. Leipzig 1871.

39. (S. 94.) Carus Sterne, Werden und Vergehen. Eine Entwickelungsgeschichte des Naturganzen in gemeinverständlicher Fassung. Berlin 1876. Agassiz, ein „Gründer" in der Naturwissenschaft. »Gegenwart«, Berlin 1876.

40. (S. 95.) Ernst Haeckel, die Kalkschwämme (Calcispongien oder Grantien.) Eine Monographie und ein Versuch zur analytischen Lösung des Problems der Entstehung der Arten. I. Band: Biologie der Kalkschwämme. II. Band: System der Kalkschwämme. III. Band: Atlas der Kalkschwämme (mit 60 Tafeln). Berlin 1872.

41. (S. 101.) Ueber die Individualität der Zellen und die neueren Reformen der Zellentheorie vergl. meine Individualitätslehre oder Tectologie. Gener. Morphol. Bd. I, S. 239—274.) Rudolf Virchow, Cellularpathologie. IV. Aufl. Berlin 1871.

42. (S. 107.) Die Plastiden-Theorie und die Zellen-Theorie. Jenaische Zeitschrift für Naturwissensch. 1870, Bd. V, S. 492.

43. (S. 113.) Gegenbaur, Ueber den Bau und die Entwickelung der Wirbelthier-Eier mit partieller Dottertheilung. Archiv. f. Anat. u. Phys. 1861, S. 491.

44. (S 126.) Ernst Haeckel, Ueber Arbeitstheilung in Natur und Menschenleben. Virchow-Holtzendorf's Sammlung von Vorträgen 1869, Heft 78. II. Aufl.

45. (S. 131.) Monogonie. *(Generatio neutralis.)* Ueber die verschiedenen Formen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung (Schizogonie, Sporogonie etc.) vergl. meine Gener. Morphol. Bd. II, S. 36—58.

46. (S. 132.) Amphigonie. *(Generatio sexualis.)* Ueber die verschiedenen Formen der geschlechtlichen Fortpflanzung (Hemaphroditismus, Gonochorismus etc.) vergl. meine Gener. Morphol. Bd. II, S. 58—69.

47. (S. 138.) Sprungweise und allmähliche Entwickelung. Die Theorie der sprungweisen Entwickelung hat neuerdings namentlich Koelliker ausgebildet und sie als »Heterogene Zeugung« der von uns vertretenen »allmählichen Entwickelung" entgegengesetzt. (Zeitschr. f. wissens. Zool. Bd. XIV, 1864, p. 181, und Alcyonarien, 1872, p. 384—415.) Diese Theorie zeichnet sich dadurch aus, dass sie nur innere, völlig unbekannte Ursachen für die »sprungweise Entstehung der Arten« annimmt, ein sogenanntes »grosses Entwickelungsgesetz« (in der That ein leeres Wort!). Hingegen erblicken wir mit Darwin in den Thatsachen der Vererbung und Anpassung hinreichend bekannte (theils innere, theils äussere) physiologische Ursachen, welche uns unter dem Einflusse des Kampfes um's Dasein die allmähliche Entstehung der Arten mechanisch erklären.

48. (S. 139.) Unbefleckte Empfängniss kommt im Stamme der Wirbelthiere niemals vor. Das berühmte »Dogma von der unbefleckten Empfängniss der Jungfrau Maria«, das in der neuesten Culturgeschichte eine so wichtige Rolle spielt, und an das so viele »Gebildete« glauben, ist gleich dem »Dogma der päpstlichen Unfehlbarkeit« eine freche Verhöhnung der menschlichen Vernunft. Hingegen findet sich Parthenogenesis häufig bei Gliederthieren (Note 16).

49. (S. 140.) Befruchtung der Blumen durch Insecten. Charles Darwin, Ueber die Einrichtungen zur Befruchtung britischer und ausländischer Orchideen durch Insecten, übersetzt von Bronn. 1862. Hermann Müller, Die Befruchtung der Blumen durch Insecten und die gegenseitigen Anpassungen Beider. Ein Beitrag zur Erkenntniss des ursächlichen Zusammenhanges in der organischen Natur. Leipzig 1873.

50. (S. 145.) Der Vorgang der Befruchtung hat sehr verschiedene Auffassungen erfahren und ist namentlich früher sehr oft als ein ganz mysteriöser Process, oder selbst als ein übernatürliches Wunder aufgefasst worden. Heute erscheint uns derselbe ebenso wenig »wunderbar oder übernatürlich« als der Vorgang der Verdauung, der Muskelbewegung oder irgend eine andere physiologische Function. Ueber die älteren Ansichten vergl. Leuckart, Artikel »Zeugung« in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. 1850.

51. (S. 146.) Monerula. Der einfache, rasch vorübergehende, kernlose Zustand, den wir mit einem Worte »Monerula« nennen und nach dem biogenetischen Grundgesetze als palingenetische Wiederholung der phylogenetischen Moneren-Stammform auffassen, scheint sich bei den verschiedenen Organismen ziemlich verschieden zu verhalten, namentlich auch bezüglich seiner Dauer. Da, wo er heute nicht mehr vorkommt, und wo der Kern der befruchteten Eizelle ganz oder theilweise persistirt, dürfen wir diese Erscheinung wohl als spätere, cenogenetische Abkürzung der Ontogenese auffassen.

52. (S. 149.) Das Plasson der Monerula erscheint morphologisch betrachtet als eine homogene und structurlose Substanz, ebenso wie dasjenige der Moneren. Damit steht nicht in Widerspruch, dass wir den Plastidulen oder den »Plasson-Molekülen« der Monerula eine sehr zusammengesetzte Molecular-Structur zuschreiben; diese wird um so verwickelter sein, je höher der daraus sich ontogenetisch bildende Organismus steht und je länger mithin die Vorfahrenkette desselben ist, je zahlreicher die vorhergegangenen Vererbungs- und Anpassungs-Processe.

53. (S. 149.) Die Stammzelle oder Cytula, als der einzellige Grundstein des neu sich aufbauenden kindlichen Organismus, kann in ihrer fundamentalen Bedeutung nur dann richtig gewürdigt werden, wenn man an ihrer Zusammensetzung den constituirenden Antheil der beiden zeugenden Zellen richtig würdigt, der männlichen Spermazelle und der weiblichen Eizelle.

54. (S. 150.) Der einzellige Keim-Organismus hat ebenso wie der Befruchtungs-Act selbst, aus dem er hervorgeht, sehr verschiedene Auffassungen erfahren. Vergl. darüber ausser den vier wichtigsten, hier aufgeführten Arbeiten von Auerbach, Bütschli, Hertwig und Strasburger die neuesten Jahresberichte über die Fortschritte der Entwickelungsgeschichte (Waldeyer in Virchow-Hirsch's Jahresberichten, Berlin; Hertwig in Hofmann-Schwalbe's Jahresberichten, Leipzig).

55. (S. 153.) Protozoa und Metazoa. Vergl. S. 202 und S. 450. Die Protozoen und Metazoen sind genetisch und anatomisch so tief geschieden, dass man auch wohl die ersteren als Protisten ganz aus dem Thierreiche ausscheiden und als neutrales Zwischenreich zwischen Thierreich und Pflanzenreich betrachten kann. Gener.

Morphol. Bd. I. S. 191—230. Bei dieser Auffassung bleiben nur die Metazoen als eigentliche Thiere übrig.

56. (S. 154.) Die Einheit der zoogenetischen Auffassung, welche die Gastraea-Theorie herbeiführt, ist durch die zahlreichen, gegen letztere gerichteten Angriffe bisher nicht erschüttert worden; denn keiner der letzteren hat etwas Positives an deren Stelle setzen können; mit blosser Negation ist aber auf diesem schwierigen und dunkeln Gebiete kein Fortschritt zu erzielen.

57. (S. 154.) Die Eifurchung und Gastrulation des Menschen, welche Fig. 12—17 auf Taf. II schematisch darstellen, wird höchst wahrscheinlich von derjenigen des Kaninchens, die bisher am genauesten untersucht ist, in keiner wesentlichen Beziehung verschieden sein.

58. (S. 155.) Ernst Haeckel, Arabische Korallen. Ein Ausflug nach den Korallenbänken des rothen Meeres und ein Blick in das Leben der Korallenthiere. Populäre Vorlesung mit wissenschaftlichen Erläuterungen. Mit 5 Tafeln in Farbendruck und 20 Holzschnitten. Berlin 1876.

59. (S. 157.) Die Zahl der Segmentellen oder Furchungszellen nimmt bei der ursprünglichen reinen Form der palingenetischen Eifurchung in geometrischer Progression zu. Jedoch schreitet diese bei verschiedenen archiblastischen Thieren bis zu einer verschiedenen Höhe fort, so dass also die Morula, als das Endresultat des Furchungs-Processes, bald aus 32, bald aus 64, bald aus 128 Zellen besteht u. s. w.

60. (S. 157.) Maulbeerkeim oder Morula. Die Segmentellen oder Furchungszellen, welche die Morula nach Abschluss der palingenetischen Eifurchung zusammensetzen, erscheinen gewöhnlich vollkommen gleichartig, ohne morphologische Unterschiede in Grösse, Form und Zusammensetzung. Das schliesst jedoch nicht aus, dass dieselben schon während der Furchung sich in animale und vegetative Zellen gesondert und physiologisch differenzirt haben, wie es Fig. 2 und 3 auf Taf. II. (als wahrscheinlich!) andeutet.

61. (S. 157.) Der Blasenkeim der archiblastischen Thiere (*Blastula* oder *Blastosphaera*), der jetzt häufig auch Keimblase oder genauer »Keimhautblase« genannt wird, ist nicht zu verwechseln mit der wesentlich verschiedenen »Keimblase« der amphiblastischen Säugethiere, welche zweckmässiger »Keimdarmblase« (*Gastrocystis*) genannt wird. Diese Gastrocystis und jene Blastula werden noch oft unter dem Namen »Keimblase oder *Vesicula blastodermica*« zusammengeworfen. Vergl. S. 235.

62. (S. 158.) Den Begriff der Gastrula habe ich zuerst 1872 festgestellt in meiner Monographie der Kalkschwämme (Bd. I. S. 333, 345. 466). Ich habe schon damals die »ausserordentlich grosse Bedeutung der Gastrula für die generelle Phylogenie des Thierreichs« betont (l. c. S. 333). »Die Thatsache, dass diese Larven-Form bei den verschiedensten Thierstämmen wiederkehrt, ist meiner Ansicht nach nicht hoch genug anzuschlagen, und legt deutliches Zeugniss für die einstige gemeinsame Abstammung Aller von der Gastraea ab«. (S. 345.)

63. (S. 160.) Die einaxige oder monaxonie Grundform der Gastrula ist wegen der beiden differenten Pole der Axe genauer als ungleichpolige oder diplopole Monaxon-Form zu bezeichnen (sternometrische Grundform: Kegel: Conoid-form). Vergl. meine Promorphologie (Gen. Morph. Bd. I. S. 426).

64. (S. 160.) Urdarm und Urmund. Meine Unterscheidung von Urdarm und Urmund (*Protogaster* und *Protostoma*), im Gegensatze zu dem späteren, bleibenden Darm und Mund (*Metagaster* und *Metastoma*) ist mehrfach angegriffen worden; sie ist aber ganz ebenso berechtigt, wie die Unterscheidung von Urnieren und bleibenden Nieren, von Urwirbeln und bleibenden Wirbeln u. s. w. Der Urdarm bildet nur einen Theil des bleibenden Darms, und der Urmund wird (wenigstens bei den höheren) Thieren nicht zum bleibenden Mund.

65. (S. 160). Urkeimblätter (*Blastophylla*). Weil die beiden primären Keimblätter (Entoderma und Exoderma) ursprünglich die einzige histogenetische Grundlage für den ganzen Thierkörper bilden, und weil das Mesoderma, der Nahrungsdotter und alle anderen accessorischen Keimtheile erst secundär aus den ersteren entstanden sind, halte ich die klare Unterscheidung von primären und secundären Keimblättern für sehr wichtig. Letztere könnte man im Gegensatz zu ersteren »Nachkeimblätter« nennen (*Blastelasma*).

66. (S. 165.) Ungleichmässige Eifurchung und Hauben-Gastrula. Nächst den Amphibien liefern die zugänglichsten Beispiele für Beobachtung der inäqualen Furchung und der Amphigastrula die einheimischen Weichthiere und Würmer (Schnecken und Muscheln, Regenwürmer und Blutegel).

67. (S. 165). Die Färbung der Amphibien-Eier ist durch Anhäufung von dunklem Farbstoff am animalen Eipole bedingt. In Folge dessen erscheinen die animalen Zellen des Exoderms hier dunkler als die vegetativen Zellen des Entoderms. Bei den meisten Thieren ist das Umgekehrte der Fall, indem das Protoplasma der Entoderm-Zellen gewöhnlich trüber und grobkörniger ist (S. 162).

68. (S. 169.) Hauben-Gastrula der Amphibien. Vergl. Robert Remak, Ueber die Entwickelung der Batrachier, S. 126; Taf. XII, Fig. 3—7. Stricker, Handbuch der Gewebelehre, Bd. II, S. 1195—1202, Fig. 399—402. Goette, Entwickelungsgeschichte der Unke. S. 145; Taf. II, Fig. 32—35.

69. (S. 174.) Hauben-Gastrula der Säugethiere. Edouard van Beneden, La maturation de l'oeuf, la fécondation et les premières phases du développement embryonnaire des Mammifères, d'après des recherches faites chez le lapin. Bruxelles 1875. Abbildungen sind dieser »Communication préliminaire« nicht beigegeben; jedoch ist die Beschreibung van Beneden's so klar, gründlich und sorgfältig, dass sie eine vollkommen befriedigende Einsicht in die ungleichmässige Eifurchung und die Bildung der Hauben-Gastrula bei den Säugethieren gewährt. Alle übrigen Beobachter, welche die Keimung der Säugethier-Eier untersucht haben (unter den neuesten namentlich Kölliker, Rauber und Hensen) haben die wichtigen von van Beneden entdeckten Verhältnisse übersehen oder nicht erkannt.

70. (S. 177.) Scheiben-Gastrula der Knochenfische. Van Bambeke. Recherches sur l'embryologie des poissons osseux. Bruxelles 1875. Die durchsichtigen kleinen Fisch-Eier, an denen ich die scheibenartige Furchung und die Entstehung der Scheiben-Gastrula durch Einstülpung beobachtete, sind genau beschrieben in meinem Aufsatze über »die Gastrula und die Eifurchung der Thiere« (Jen. Zeitschr. für Naturw. 1875, Bd. IX, S. 432—444; Taf. IV, V). Ueber die Scheiben-Gastrula der Selachier vergl. Balfour, The development of Elasmobranch Fishes. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. X, p. 517, Pl. XX—XXIII.

71. (S. 179.) Dotterzellen der Vögel. Die zellenähnlichen Formbestandtheile, welche sich im Nahrungsdotter der Vögel und Reptilien, wie der meisten Fische, in grosser Anzahl und Formen-Mannichfaltigkeit vorfinden, sind nichts weniger als echte Zellen, wie His u. A. behauptet haben. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass hier überall eine so scharfe Grenze zwischen Nahrungsdotter und Bildungsdotter existirt, wie bei unseren pelagischen Fisch-Eiern (Fig. 42, 43, Note 70). Vielmehr ist ja ursprünglich (phylogenetisch) der Nahrungsdotter aus einem Theil des Entoderms entstanden.

72. (S. 180). Eizelle der Vögel. Trotz des colossalen Nahrungsdotters behält das Nach-Ei der Vögel und Reptilien den Formwerth einer einzigen Zelle. Freilich tritt aber das winzige active Protoplasma der Narbe hier dem Volum nach ganz zurück gegen die ungeheure Masse der gelben Dotterkugel. Diese Vogel-Eier sind die absolut grössten Zellen des Thierkörpers. Vergl. Note 43 und ferner Edouard van Beneden, Recherches sur la composition et la signification de l'oeuf. Bruxelles 1870. Hubert Ludwig, Ueber die Eibildung im Thierreiche. Würzburg 1874.

73. (S. 183.) Scheibenartige Eifurchung der Vögel. Vergl. Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. II. Aufl. 1876, S. 69—81, Fig. 16—22.

74. (S. 185.) Scheiben-Gastrula der Vögel. Vergl. Rauber, Ueber die Stellung des Hühnchens im Entwickelungsplan. Leipzig 1876. Foster and Balfour, The elements of embryology. London 1874. Uebersetzt von Kleinenberg, »Grundzüge der Entwickelungsgeschichte der Thiere«. Leipzig 1876.

75. (S. 186.) Blasen-Gastrula der Gliederthiere. Vergl. Bobretzky, Russische Abhandlung über die Keimesgeschichte von Astacus und Palaemon. Kiew 1873. Ferner meinen Aufsatz über die Gastrula und die Eifurchung. Jen. Zeitschr. für Naturw. Bd. IX, S. 444—452; Taf. VI.

76. (S. 188.) Die Vierblätter-Theorie, welche zuerst C. E. Baer 1837 klar aufstellte (Entwickelungsgeschichte der Thiere, Bd. II, S. 46, 68), und welche wir hier consequent durchgeführt haben, erscheint auch heute noch als die einzige Form der

Keimblätter-Theorie, welche bei vergleichender Betrachtung aller höheren Thiere ein gemeinsames Keimungs-Gesetz für dieselben gewährleistet und zugleich die unvereinbaren Widersprüche der zahlreichen Beobachter (an einem und demselben Objecte!) löst.

77. (S. 192.) Caspar Friedrich Wolff gab die erste Andeutung der Vierblätter-Theorie (Note 76). Vergl. die S. 37 citirten merkwürdigen Sätze aus seiner bahnbrechenden Schrift über die Bildung des Darmcanals (Note 19).

78. (S. 193.) Die vier Hauptformen der Gastrulation, welche auf Taf. II und III, sowie in der III. und IV. Tabelle (S. 194, 195) schematisch geschieden sind, erscheinen natürlich durch Zwischenformen verbunden. Es existiren sowohl Uebergänge zwischen der primordialen und inäqualen, als auch zwischen der primordialen und superficialen Eifurchung; ebenso ist die inäquale mit der discoidalen und vielleicht auch die inäquale mit der superficialen Eifurchung durch Mittelformen verknüpft.

79. (S. 194.) Die Gastrulation der verschiedenen Thierklassen ist noch lange nicht genug untersucht, um die Verbreitung ihrer verschiedenen Formen in den einzelnen Klassen vollständig übersehen zu können. Doch ist schon jetzt so viel klar, dass die primordiale Eifurchung und Archigastrula-Bildung bei den niedersten Klassen aller Stämme sich findet.

80. (S. 196.) Der Rhythmus der Eifurchung ist keineswegs allgemein so regelmässig, wie es nach den vier ersten Beispielen der fünften Tabelle scheinen könnte. Vielmehr finden sich überall vielfache Abweichungen und nicht selten eine ganz regellose und sehr veränderliche Zahlenfolge (namentlich bei discoidaler Furchung).

81. (S. 200.) Begriff des Typus. Vergl. Gegenbaur, Grundriss der vergleichenden Anatomie. 1874. p. 59.

82. (S. 201.) Typen und Phylen. Nach der herrschenden »Typen-Theorie« sind die Typen des Thierreichs parallele und völlig selbstständige, nach meiner »Gastraea-Theorie« hingegen divergirende und an der Wurzel zusammenhängende Stämme; nach der Ansicht von Claus und von anderen Gegnern der letzteren ist das kein wesentlicher Unterschied.

83. (S. 202.) Die Einzelligkeit der Infusorien verbietet jeden morphologischen Vergleich mit Metazoen. Vergl. meinen Aufsatz: Zur Morphologie der Infusorien. Jen. Zeitschr. für Naturw. 1873, Bd. VII, S. 516—568.

84. (S. 208.) Axen der Wirbelthier-Grundform. Vergl. meine Promorphologie oder Grundformenlehre (Stereometrie der Organismen). Gen. Morphol. Bd. I, S. 374—574. Einpaarige Grundformen (*Dipleura*). S. 519. »Bilateral-symmetrische« Formen in der vierten Bedeutung des Wortes!

85. (S. 206.) Das Urbild des Wirbelthieres, wie es Fig. 52—56 vorführt, ist ein hypothetisches Schema oder Diagramm, welches zwar vorzugsweise nach dem Grundriss des Amphioxus construirt ist, wobei jedoch auch die vergleichende Anatomie der Ascidien und Appendicularien einerseits, der Cyclostomen und Selachier andererseits berücksichtigt ist. Dieses Schema soll nichts weniger als ein »exactes Abbild« sein, sondern lediglich ein Anhalt zur hypothetischen Reconstruction der unbekannten, längst ausgestorbenen Vertebraten-Stammform, ein »Architypus«!

86. (S. 210.) Ueber die Sinnesorgane der hypothetischen Stammform der Wirbelthiere lassen sich nur sehr unsichere Vermuthungen aufstellen, da diese Organe in höherem Maasse als alle anderen der Anpassung unterworfen, und auch bei den Ascidien, wie beim Amphioxus, vermuthlich stark zurückgebildet sind. Wahrscheinlich hat en die ältesten Wirbelthiere von den Würmern bereits ein paar Augen von sehr einfacher Beschaffenheit und ein paar Gehörbläschen geerbt.

87. (S. 216.) Die Urnieren waren bei der hypothetischen Stammform der Wirbelthiere vielleicht schon metameral, so dass ausser den beiden längs verlaufenden Hauptcanälen (oder Urnierengängen) zahlreiche damit zusammenhängende Quercanälchen vorhanden waren (Segmental-Canäle), ein Paar in jedem Metamer des mittleren Körpertheils. Vielleicht mündeten diese bereits mit wimperndem Trichter in die Leibeshöhle, wie es bei den Anneliden und nach Balfour's Entdeckung auch bei den Embryonen der Selachier der Fall ist. Vergl. Balfour, Development of the Elasmobranch Fishes. Quaterly Journ. of microsc. science. New Ser. Vol. XIV. p. 323. Journ. of Anat. and Phys. Vol. X.

88. (S. 220.) Keimung der Urwirbelthiere. Vergl. mit der VI. Tabelle die VII. (S. 262) und die XI. Tabelle (S. 374); ferner die schematischen Abbildungen auf Taf. IV und V und deren Erklärung (S. 257).

89. (S. 224.) Die Keimformen der ältesten Wirbelthiere, wie sie Fig. 62—69 in schematischen Querschnitten darstellen, lassen sich selbstverständlich mit Hülfe der vergleichenden Anatomie und Ontogenie nur annähernd errathen. Es beanspruchen daher auch diese hypothetischen Diagramme durchaus keine dogmatische Geltung, ebenso wie diejenigen in Fig. 52—56. (Vergl. Note 85.)

90. (S. 227.) Hauptacte der Wirbelthier-Keimung. Unter den hier aufgeführten palingenetischen Hauptacten haben vielleicht der sechste, neunte und zehnte ursprünglich in sehr verschiedener Form stattgefunden. Die übrigen sieben Acte dürften jetzt ziemlich gesichert erscheinen.

91. (S. 230.) Die flache Keimscheibe der Vögel, welche noch heute in den Anschauungen der meisten Embryologen den ersten Ausgangspunkt der Embryobildung darstellt und auf welche man alle übrigen Keimformen bezogen hat, ist gerade umgekehrt eine späte und sehr modificirte Keimform, entstanden durch allmähliche Ausbreitung der Gastrula auf dem mächtig wachsenden Nahrungsdotter.

92. (S. 233.) Ort der Befruchtung. Beim Menschen, wie bei den übrigen Säugethieren, erfolgt wahrscheinlich die Befruchtung der Eier gewöhnlich im Eileiter; hier begegnen sich die Eier, welche bei dem Platzen der Graafschen Follikel aus dem weiblichen Eierstock ausgetreten und in die äussere Mündung des Eileiters eingetreten sind; und die beweglichen Spermazellen des männlichen Samens, welche bei der Begattung in den Uterus eingedrungen und von hier in die innere Mündung des Eileiters eingewandert sind. Selten erfolgt die Befruchtung schon aussen auf dem Eierstock, oder erst innen im Fruchtbehälter. Vergl. den XXV. Vortrag.

93. (S. 236.) Der Ursprung des Mesoderm gehört bei den Säugethieren, wie bei den übrigen Thieren, augenblicklich zu den dunkelsten und streitigsten Punkten der Ontogenie. Remak, Balfour u. A. leiten dasselbe vom Entoderm, Kölliker u. A. vom Exoderm ab; Waldeyer, His u. A. behaupten, dass beide primäre Keimblätter an der Bildung des Mesoderm Theil nehmen. Letztere Annahme halte ich für die richtige. (Vergl. Note 76 und 77.)

94. (S. 239.) Keimschild (Notaspis). Aus der gewöhnlichen Auffassung, dass der Keimschild (= Remaks »Doppelschild«) die erste Anlage des »eigentlichen Embryo« sei, ergeben sich viele irrthümliche Folgerungen. Es muss daher besonders hervorgehoben werden, dass derselbe bloss die zuerst ausgeprägten mittleren Rückentheile des Embryo darstellt.

95. (S. 254.) Leibeswand und Darmwand. Der morphologische Gegensatz zwischen Leibeswand und Darmwand, der jedenfalls uralt ist, lässt sich wahrscheinlich bis auf die einfachen primären Keimblätter der Gastraea zurückführen. Wenn man das Hautfaserblatt vom Exoderm und das Darmfaserblatt vom Entoderm ableitet, so erklärt sich die fortschreitende Ausbildung jenes Gegensatzes, die wir durch die Reihe der Würmer hindurch bis zu den Wirbelthieren verfolgen, in der einfachsten Weise.

96. (S. 256.) Palingenetische und cenogenetische Keimung. Die bisherige Keimesgeschichte der Wirbelthiere konnte desshalb zu keinem klaren Verständniss der embryologischen Processe gelangen, weil alle Autoren von den höheren Wirbelthieren (meistens vom Hühnchen) ausgingen und deren Entstehungsweise als die ursprüngliche und maassgebende auffassten. Erst seitdem wir durch die Keimesgeschichte des Amphioxus die palingenetische, wirklich ursprüngliche Keimungsform des Vertebraten-Organismus kennen gelernt haben, sind wir durch die vergleichende Ontogenie (und insbesondere durch die Principien der Gastraea-Theorie) in den Stand gesetzt worden, die cenogenetischen Keimungsformen der höheren Wirbelthiere richtig zu verstehen und phylogenetisch zu deuten.

97. (S. 257.) Die Schemata (oder Diagramme) auf Taf. IV und V sind möglichst einfach und abstract gewählt, um dadurch das beabsichtigte allgemeine Verständniss möglichst zu erleichtern.

98. (S. 278.) Urwirbel und Metameren. Für die richtige Auffassung der »Urwirbel«-Bildung ist vor Allem zu betonen, dass dieselben viel Mehr bedeuten, als ihr Name sagt. In der That sind dieselben als individuelle, hinter einander und nach einander entstandene Rumpfsegmente aufzufassen, als echte »Metameren« oder Folgestücke

(Generelle Morphologie, Bd. I, S. 312). Wie jedes Rumpfglied oder Metamer eines Ringelwurmes oder Gliederthieres, so enthält auch jeder Urwirbel eines Wirbelthieres alle wesentlichen morphologischen Bestandtheile, welche für den betreffenden Thierstamm charakteristisch sind.

99. (S. 280.) Entstehung der Urwirbel. Meine Auffassung der Urwirbel als individueller morphologischer Folgestücke, welche gleich den Metameren der Cestoden und Anneliden durch terminale Knospung aus einem einzigen ungegliederten Stück hervorgegangen sind, ist vielfach angegriffen worden. Ich bemerke daher ausdrücklich, dass ich diesen Process nur im weitesten Sinne verstanden wissen will. Jedenfalls handelt es sich hier wie dort um Wiederholung individueller gleichartiger Theile, die (der Zeit und dem Raume nach) hinter einander entstanden sind.

100. (S. 289.) Die Uebereinstimmung der Keimformen bei den verschiedenen Säugethieren ist vorzüglich deshalb so lehrreich, weil sie uns lehrt, wie durch verschiedenartige Entwickelung aus einer und derselben Gestalt die verschiedensten Gebilde hervorgehen können. Wie wir dies von den Keimformen thatsächlich sehen, so dürfen wir dasselbe für die Stammformen hypothetisch annehmen. Uebrigens ist jene Uebereinstimmung niemals wirkliche Identität, sondern stets nur höchste Aehnlichkeit. Wirklich identisch sind auch die Keime bei den verschiedenen Individuen einer Art nicht.

101. (S. 295.) Das Gesetz des ontogenetischen Zusammenhanges systematisch verwandter Thierformen erleidet scheinbar zahlreiche Ausnahmen. Diese erklären sich aber vollständig durch die Anpassung des Keimes an cenogenetische Existenz-Bedingungen. Wo die palingenetische Entwickelungsform des Keimes durch Vererbung getreu übertragen ist, da macht sich stets jenes Gesetz geltend. Vergl. Fritz Müller, Für Darwin. (Note 111.)

102. (S. 295.) Jüngste Menschenkeime. Vergl. Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen, II. Aufl. 1876, p. 303—319; ferner Ecker, Icones physiologicae. Leipzig 1859; Taf. XXV—XXXI. Die jüngsten menschlichen Embryonen, welche bis jetzt mit Sicherheit bekannt sind, besassen ein Alter von 12—14 Tagen und wurden von Prof. Allen Thomson in Glasgow beobachtet. Zur Beobachtung jüngerer Keime hat sich noch nirgends Gelegenheit geboten.

103. (S. 297.) Menschen-Keime von drei Wochen (20—21 Tagen) entsprechen hinsichtlich ihrer gesammten Organisation im Ganzen der phylogenetischen Entwickelungsstufe, welche unter den heute lebenden Wirbelthieren die Cyclostomen (Pricken und Inger, S. 458) repräsentiren, und welche auf ähnlich organisirte ausgestorbene Monorhinen-Ahnen zu beziehen ist.

104. (S. 298.) Menschen-Keime von vier Wochen (25—30 Tagen) entsprechen hinsichtlich ihres Körperbaues im Allgemeinen der phylogenetischen Entwickelungsstufe, welche die Haifische und Rochen unter den Wirbelthieren der Gegenwart darstellen und welche auf ähnliche ausgestorbene Urfisch-Ahnen (Proselachier) zu beziehen ist. Natürlich wird dieser Vergleich durch mehrfache cenogenetische Abänderungen (sowohl Heterotopien als Heterochronien) beeinträchtigt, ebenso wie der vorige. (Vergl. Note 108.)

105. (S. 301.) Die Nase des Nasenaffen ist von derjenigen der übrigen Affen viel mehr verschieden, als von derjenigen des Menschen. Uebrigens zeigt schon die ausserordentliche Mannichfaltigkeit und Variabilität in der äusseren Nasenform des Menschen, wie gering der morphologische Werth dieses für die Physiognomik so bedeutungsvollen Organes ist.

106. (S. 308.) Die Blasenform der menschlichen Allantois vergl. W. Krause, Ueber die Allantois des Menschen. Archiv für Anat. u. Physiol. 1875. p. 215, Taf. VI.

107. (S. 320.) Der Nabelstrang (*Funiculus umbilicalis*) ist gleich der Placenta ein Organ, welches der Mensch ausschliesslich mit den Placentalthieren theilt. Vergl. den XIX. Vortrag, S. 500—510, und Fig. 200, 201. Ueber den feineren Bau dieser Organe und über die speciellen Verhältnisse des embryonalen Blutkreislaufes vergl. Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen, II. Aufl. 1876, p. 319—363.

108. (S. 321.) Cenogenesis des Menschen. Indem wir die einzelnen Vorgänge und Abschnitte der menschlichen Keimesgeschichte phylogenetisch deuten und durch Beziehung auf entsprechende Processe und Stadien in der Stammesgeschichte

unserer thierischen Vorfahren erklären, müssen wir stets im Sinne behalten, dass beim Menschen, wie bei allen höheren Thieren, der ursprüngliche palingenetische Gang der Keimung durch vielfache Anpassung an die mannichfaltigen Bedingungen des Embryolebens sehr stark cenogenetisch abgeändert, gefälscht und zusammengezogen ist. Je höher sich der Organismus entwickelt, desto mehr werden gerade die frühesten Stadien der Entwickelung abgekürzt.

109. (S. 323.) Die Abschnitte der menschlichen Keimesgeschichte, von denen hier mit Rücksicht auf ihre phylogenetische Bedeutung nur vier grössere und zehn kleinere aufgeführt sind, gestatten bei eingehender vergleichend-ontogenetischer Betrachtung eine viel reichere Gliederung. Bei gehöriger Berücksichtigung der cenogenetischen Orts- und Zeit-Verschiebungen (S. 11, 12) sind dieselben auch sehr gut phylogenetisch zu deuten.

110. (S. 324.) Abbildungen menschlicher Embryonen aus allen Stadien der Keimesgeschichte hat in sehr schöner Ausführung schon vor 30 Jahren M. P. Erdl gegeben: Die Entwickelung des Menschen und des Hühnchens im Ei. Leipzig 1845.

111. (S. 328.) Fritz Müller, *Für Darwin.* (Leipzig 1864.) Eine höchst ausgezeichnete kleine Schrift, in welcher zum ersten Male die Modificationen des biogenetischen Grundgesetzes (an der Phylogenie der Crustaceen) erläutert sind.

112. (S. 332.) Die Methode der Phylogenie hat den gleichen logischen Werth wie die allgemein anerkannte Methode der Geologie und darf daher ganz dieselbe wissenschaftliche Geltung beanspruchen. Vergl. die treffliche Rede von Eduard Strasburger: Ueber die Bedeutung phylogenetischer Methoden für die Erforschung lebender Wesen. Jenaische Zeitschr. für Naturw. 1874. Bd. VIII, S. 56.

113. (S. 333.) Johannes Müller, Ueber den Bau und die Lebenserscheinungen des *Amphioxus lanceolatus.* Abhandl. der Berl. Akad. 1844.

114. (S. 333.) Neuere Arbeiten über Amphioxus: Ueber die Organologie des Amphioxus haben in neuester Zeit namentlich W. Rolph und E. Ray-Lankester, über die Histologie Wilhelm Müller und P. Langerhans unsere Kenntnisse wesentlich erweitert. Die betreffende Literatur ist vollständig aufgeführt in: W. Rolph, Untersuchungen über den Bau des Amphioxus. Morpholog. Jahrb. Bd. II, S. 87, Taf. V—VII, und in: P. Langerhans, Zur Anatomie des Amphioxus. Arch. für mikr. Anat. Bd. XII, S. 290, Taf. XII—XV.

115. (S. 334). Acranier und Cranioten. Die Scheidung der Wirbelthiere in Schädellose und Schädelthiere, wie ich sie zuerst 1866 in der generellen Morphologie vorgeschlagen habe, erscheint mir für das phylogenetische Verständniss des Vertebraten-Stammes unentbehrlich.

116. (S. 343.) Max Schultze, Entwickelungsgeschichte von *Petromyzon.* Haarlem 1856. Die Ontogenie der Myxinoiden, welche sehr wichtige Aufschlüsse verspricht, ist leider noch gänzlich unbekannt.

117. (S. 345.) Savigny, Mémoires sur les animaux sans vertébres. Vol. II, Ascidies. 1816. Giard, Recherches sur les Synascidies. Archives de Zoologie experimentale. Tome I, 1872.

118. (S. 345.) Synascidien und Echinodermen. Die von mir 1866 aufgestellte, vielfach als »paradox« angegriffene Cormus-Theorie der Echinodermen (Gen. Morphol. Bd. II, S. LXIII) ist bis jetzt die einzige Theorie, welche den Versuch einer genetischen Erklärung dieser merkwürdigen Thiergruppe unternimmt.

119. (S. 355.) Kowalevsky, Entwickelungsgeschichte des Amphioxus und der einfachen Ascidien. (Mémoires de l'Acad. de S. Petersbourg. VII. Sér. Tom. X und XI, 1867, 1868.)

120. (S. 360.) Die Metamerie des Amphioxus, die an seinem Muskel- und Nervensystem sich kundgiebt, beweist unzweifelhaft, dass die Chorda der Wirbelthiere schon vor der Metameren-Bildung derselben existirte, mithin von den ungegliederten Chordoniern geerbt ist.

121. (S. 363.) Die Metamorphose des Amphioxus, durch welche seine Larve sich in die erwachsene Form umbildet, ist in allen Einzelheiten noch nicht vollständig bekannt. Doch wird dadurch die ausserordentliche Bedeutung, welche gerade die klar und sicher erkannten frühesten Keimungs-Vorgänge desselben für die Palingenesis der Wirbelthiere besitzen, durchaus nicht beeinträchtigt.

122. (S. 364.) Befruchtung der Ascidien (*Phallusia mammillata*). Eduard Strasburger, Ueber Zellbildung und Zelltheilung, nebst Untersuchungen über Befruchtung. II. Aufl. Jena 1876, p. 306, Taf. VIII.

123. (S. 369.) Kupffer. Die Stammverwandtschaft zwischen Ascidien und Wirbelthieren (Archiv für mikrosk. Anat. 1870. Bd. VI, S. 115–170). Oskar Hertwig, Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung des Cellulose-Mantels der Tunicaten. Richard Hertwig, Beiträge zur Kenntniss des Baues der Ascidien. Jenaische Zeitschrift für Naturw. 1873. VII. Bd.

124. (S. 371.) Die phylogenetische Bedeutung des Amphioxus kann nicht genug betont werden. Ohne die Kenntniss seiner Anatomie und Ontogenie würde uns der Ursprung der Wirbelthiere vollkommen räthselhaft und ihre Abstammung von den Würmern unglaublich erscheinen.

125. (S. 374.) Der ontogenetische Zellen-Stammbaum, wie er in der elften Tabelle vom Amphioxus entworfen ist, gilt wahrscheinlich bezüglich der wichtigsten Verhältnisse für alle Wirbelthiere, und also auch für den Menschen; denn unter Allen hat Amphioxus die Palingenesis am getreuesten durch zähe Vererbung bewahrt. Dieser histogenetische Zellen-Stammbaum erscheint sicher gestellt bezüglich der meisten und wichtigsten Verhältnisse; dagegen ist er noch zweifelhaft bezüglich der Abstammung der Urnieren, der Hoden und der Eierstöcke.

126. (S. 379.) Milne-Edwards, Leçons sur la Physiologie comparée. Vol. IX.

127. (S. 380.) Ewigkeit des organischen Lebens. Nach unserer monistischen Anschauung ist das organische Leben eine weitere Entwickelungsform des anorganischen Welt-Processes und hat auf unserem Planeten einen zeitlichen Anfang gehabt. Hiergegen hat u. A. Fechner in seinen »Ideen zur Schöpfungs- und Entwickelungsgeschichte der Organismen« (1873) entgegengesetzte »kosmorganische Phantasien« aufgestellt, welche mit den hier mitgetheilten ontogenetischen Thatsachen völlig unvereinbar erscheinen.

128. (S. 390.) Bernhard Cotta (Geologie der Gegenwart, 1866, IV. Aufl. 1874. und Carl Zittel (Aus der Urzeit, München 1875, II. Aufl.) geben vortreffliche Bemerkungen über die Zeitrechnung und den gesammten Verlauf der organischen Erdgeschichte.

129. (S. 393.) August Schleicher, Die Darwin'sche Theorie und die Sprachwissenschaft. Weimar 1863. II. Aufl. 1873.

130. (S. 396.) Die meisten polyphyletischen Hypothesen erscheinen auf den ersten Blick einfacher und leichter. als die monophyletischen, bieten aber immer mehr Schwierigkeiten, je mehr man darüber nachdenkt.

131. (S. 396.) Die Physiologen, welche eine experimentelle Bestätigung der Descendenz-Theorie verlangen, beweisen damit nur ihre glänzende Unwissenheit in den betreffenden morphologischen Wissens-Gebieten.

132. (S. 400.) Urzeugung. Gen. Morphologie, Bd. I. S. 167—190. Die Moneren und die Urzeugung: Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1871. Bd. VI, S. 37—42.

133. (S. 402.) Organmangel der Moneren. Indem wir die Moneren »organlose Organismen« nennen, verstehen wir den Begriff des Organs in morphologischem Sinne. Hingegen können wir in physiologischem Sinne auch die veränderlichen Plasson-Fortsätze des Moneren-Leibes, die »Pseudopodien«, als »Organe« bezeichnen.

134. (S. 406.) Induction und Deduction in der Anthropogenie. Gen. Morphol. Bd. I, S. 79—88; Bd. II, S. 427. Natürl. Schöpfungsg. VI. Aufl. S. 646.

135. (S. 410.) Thier-Ahnen des Menschen. Die Zahl der Arten oder genauer Formstufen, welche man als »*Species*« zu unterscheiden pflegt) wird in der Ahnen-Reihe des Menschen (im Laufe vieler Jahr-Millionen!) viele Tausende betragen haben; die Zahl der Gattungen (»*Genera*«) unserer Vorfahren viele Hunderte.

136. (S. 414.) Plastidule nennen wir nach Elsberg die »Moleküle des Plasson«, d. h. die kleinsten gleichartigen Theilchen jener eiweissartigen Substanz, die wir nach der Plastiden-Theorie als materielles Substrat aller activen Lebenserscheinungen betrachten. Vergl. meine Schrift über die »Perigenesis der Plastidule oder Wellenzeugung der Lebenstheilchen. Ein Versuch zur mechanischen Erklärung der elementaren Entwickelungs-Vorgänge«. Berlin 1876.

137. (S. 416.) Bathybius und das freie Protoplasma der Meerestiefen. Vergl. meine Studien über Moneren und andere Protisten. Leipzig 1870. p. 86. Die neuesten Beobachtungen über lebenden Bathybius rühren von Dr. Emil Bessels her, welcher denselben an der Küste von Grönland (in Smith's Sound, 79° 30′ N. Br.) in einer Tiefe von ca. 550 Fuss fand. Derselbe beobachtete daran sehr lebhafte amoeboide Bewegungen, sowie die Aufnahme fremder Körperchen, Carmin-Partikelchen etc. »It consists of nearly pure protoplasm, tinged most intensely by a solution of carmine in ammonia. It contains fine gray granules of considerable refracting power, and besides the latter a great number of oleaginous drops, soluble in ether. It manifests very marked amoeboid motions and takes up particles of carmin etc.« Packard, Life histories of animals, including man. New-York 1876.

138. (S. 417.) Die philosophische Bedeutung der Moneren für die Klärung der dunkelsten biologischen Fragen kann nicht genug hervorgehoben werden. Monographie der Moneren, Jenaische Zeitsch. für Naturwiss. Bd. IV, 1868, S. 64.

139. (S. 420.) Das philosophische Verständniss vom Wesen und der Bedeutung der Eizelle kann nur durch phylogenetische Beurtheilung derselben gewonnen werden.

140. (S. 423.) Synamoebien: Cienkowski, Ueber den Bau und die Entwickelung der Labyrinthuleen (Arch. für mikrosk. Anat. 1870. Bd. III, S. 274). Hertwig, Microgromia socialis (Arch. für mikrosk. Anat.)

141. (S. 425.) Die Catallacten, eine neue Protisten-Gruppe. (*Magosphaera planula*). Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. Bd. VI, 1871, S. 1.

142. (S. 430.) Haliphysema und Gastrophysema, Gastraeaden der Gegenwart. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1876. Bd. XI, S. 1. Taf. I—VI.

143. (S. 432.) Die fünf ersten Entwickelungsstufen des Thierkörpers, welche in der 17. Tabelle zusammengestellt sind, und welche der Mensch mit allen höheren Thieren theilt, sind für die Ontogenesis der meisten Thiere gegenwärtig unzweifelhaft festgestellt. Da uns die vergleichende Anatomie im System der niederen Thiere entsprechende Formstufen noch heute existirend nachweist, dürfen wir dieselben nach dem biogenetischen Grundgesetze auch für die Phylogenesis als fundamentale Ahnen-Stufen annehmen.

144. (S. 439.) Ueber Axenbestimmung und geometrische Grundform des Thierkörpers vergl. die »*Promorphologie*«. (Gen. Morphol. Bd. I, S. 374—574.)

145. (S. 446.) Die Zwitterbildung in unserer Ahnen-Reihe hat sich von den Chordoniern vielleicht noch auf die niederen Stufen der Wirbelthier-Ahnen fortgesetzt. Vergl. den XXV. Vortrag.

146. (S. 449.) Als lebende Chordonier der Gegenwart möchte ich die Appendicularien auffassen, die einzigen Wirbellosen, welche zeitlebens eine Chorda besitzen, und dadurch, sowie durch viele andere Eigenthümlichkeiten, sich von den eigentlichen Tunicaten entfernen.

147. (S. 460.) Metamorphose der Lampreten. Dass die blinden *Ammocoetes* sich in *Petromyzon* verwandeln, wusste schon vor zweihundert Jahren (1666) der Strassburger Fischer Leonhard Baldner; doch blieb dessen Beobachtung unbekannt und erst im Jahre 1854 wurde diese Verwandlung von August Müller wieder entdeckt (Archiv für Anat. 1856, S. 325). Vergl. Siebold, Die Süsswasserfische von Mittel-Europa. 1863.

148. (S. 468.) Die Selachier als Urfische. Die alten Streitigkeiten über die systematische Stellung und Verwandtschaft der Selachier hat erst Gegenbaur in der Einleitung zu seinem classischen Werke über »das Kopfskelet der Selachier« entscheidend aufgeklärt.

149. (S. 470.) Gerard Krefft, Beschreibung eines gigantischen Amphibiums etc.; und Albert Günther, Ceratodus und seine Stelle im System. Archiv für Naturgeschichte, 37. Jahrgang 1871, Bd. I, S. 321 etc. Ferner: Philosophical Transactions, 1871, Part. II, p. 511 etc.

150. (S. 479.) Die Metamorphose der Amphibien dauert bei den verschiedenen Frosch-Arten und Kröten-Arten sehr verschiedene Zeit und bildet zusammen eine vollständige phylogenetische Reihe von der ursprünglichen, ganz vollkommenen, bis zu der späteren, ganz abgekürzten und verwischten Vererbung der Verwandlung.

122. (S. 364.) Befruchtung der Ascidien (*Phallusia mammillata*). Eduard Strasburger, Ueber Zellbildung und Zelltheilung, nebst Untersuchungen über Befruchtung. II. Aufl. Jena 1876, p. 306, Taf. VIII.

123. (S. 369.) Kupffer. Die Stammverwandtschaft zwischen Ascidien und Wirbelthieren (Archiv für mikrosk. Anat. 1870. Bd. VI, S. 115–170). Oskar Hertwig. Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung des Cellulose-Mantels der Tunicaten. Richard Hertwig, Beiträge zur Kenntniss des Baues der Ascidien. Jenaische Zeitschrift für Naturw. 1873. VII. Bd.

124. (S. 371.) Die phylogenetische Bedeutung des Amphioxus kann nicht genug betont werden. Ohne die Kenntniss seiner Anatomie und Ontogenie würde uns der Ursprung der Wirbelthiere vollkommen räthselhaft und ihre Abstammung von den Würmern unglaublich erscheinen.

125. (S. 374.) Der ontogenetische Zellen-Stammbaum, wie er in der elften Tabelle vom Amphioxus entworfen ist, gilt wahrscheinlich bezüglich der wichtigsten Verhältnisse für alle Wirbelthiere, und also auch für den Menschen; denn unter Allen hat Amphioxus die Palingenesis am getreuesten durch zähe Vererbung bewahrt. Dieser histogenetische Zellen-Stammbaum erscheint sicher gestellt bezüglich der meisten und wichtigsten Verhältnisse; dagegen ist er noch zweifelhaft bezüglich der Abstammung der Urnieren, der Hoden und der Eierstöcke.

126. (S. 379.) Milne-Edwards, Leçons sur la Physiologie comparée. Vol. IX.

127. (S. 380.) Ewigkeit des organischen Lebens. Nach unserer monistischen Anschauung ist das organische Leben eine weitere Entwickelungsform des anorganischen Welt-Processes und hat auf unserem Planeten einen zeitlichen Anfang gehabt. Hiergegen hat u. A. Fechner in seinen »Ideen zur Schöpfungs- und Entwickelungsgeschichte der Organismen« (1873) entgegengesetzte »kosmorganische Phantasien« aufgestellt, welche mit den hier mitgetheilten ontogenetischen Thatsachen völlig unvereinbar erscheinen.

128. (S. 390.) Bernhard Cotta (Geologie der Gegenwart, 1866, IV. Aufl. 1874) und Carl Zittel (Aus der Urzeit, München 1875, II. Aufl.) geben vortreffliche Bemerkungen über die Zeitrechnung und den gesammten Verlauf der organischen Erdgeschichte.

129. (S. 393.) August Schleicher, Die Darwin'sche Theorie und die Sprachwissenschaft. Weimar 1863. II. Aufl. 1873.

130. (S. 396.) Die meisten polyphyletischen Hypothesen erscheinen auf den ersten Blick einfacher und leichter, als die monophyletischen, bieten aber immer mehr Schwierigkeiten, je mehr man darüber nachdenkt.

131. (S. 396.) Die Physiologen, welche eine experimentelle Bestätigung der Descendenz-Theorie verlangen, beweisen damit nur ihre glänzende Unwissenheit in den betreffenden morphologischen Wissens-Gebieten.

132. (S. 400.) Urzeugung. Gen. Morphologie, Bd. I. S. 167—190. Die Moneren und die Urzeugung: Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1871. Bd. VI, S. 37—42

133. (S. 402.) Organmangel der Moneren. Indem wir die Moneren »organlose Organismen« nennen, verstehen wir den Begriff des Organs in morphologischem Sinne. Hingegen können wir in physiologischem Sinne auch die veränderlichen Plasson-Fortsätze des Moneren-Leibes, die »Pseudopodien«, als »Organe« bezeichnen.

134. (S. 406.) Induction und Deduction in der Anthropogenie. Gen. Morphol. Bd. I, S. 79—88; Bd. II, S. 427. Natürl. Schöpfungsg. VI. Aufl. S. 646.

135. (S. 410.) Thier-Ahnen des Menschen. Die Zahl der Arten oder genauer Formstufen, welche man als »*Species*« zu unterscheiden pflegt) wird in der Ahnen-Reihe des Menschen (im Laufe vieler Jahr-Millionen!) viele Tausende betragen haben; die Zahl der Gattungen (»*Genera*«) unserer Vorfahren viele Hunderte.

136. (S. 414.) Plastidule nennen wir nach Elsberg die »Moleküle des Plasson«, d. h. die kleinsten gleichartigen Theilchen jener eiweissartigen Substanz, die wir nach der Plastiden-Theorie als materielles Substrat aller activen Lebenserscheinungen betrachten. Vergl. meine Schrift über die »Perigenesis der Plastidule oder Wellenzeugung der Lebenstheilchen. Ein Versuch zur mechanischen Erklärung der elementaren Entwickelungs-Vorgänge«. Berlin 1876.

137. (S. 416.) Bathybius und das freie Protoplasma der Meerestiefen. Vergl. meine Studien über Moneren und andere Protisten. Leipzig 1870. p. 86. Die neuesten Beobachtungen über lebenden Bathybius rühren von Dr. EMIL BESSELS her, welcher denselben an der Küste von Grönland (in Smith's Sound, 79° 30′ N. Br.) in einer Tiefe von ca. 550 Fuss fand. Derselbe beobachtete daran sehr lebhafte amoeboide Bewegungen, sowie die Aufnahme fremder Körperchen, Carmin-Partikelchen etc. »It consists of nearly pure protoplasm, tinged most intensely by a solution of carmine in ammonia. It contains fine gray granules of considerable refracting power, and besides the latter a great number of oleaginous drops, soluble in ether. It manifests very marked amoeboid motions and takes up particles of carmin etc.« PACKARD, Life histories of animals, including man. New-York 1876.

138. (S. 417.) Die philosophische Bedeutung der Moneren für die Klärung der dunkelsten biologischen Fragen kann nicht genug hervorgehoben werden. Monographie der Moneren, Jenaische Zeitsch. für Naturwiss. Bd. IV, 1868, S. 64.

139. (S. 420.) Das philosophische Verständniss vom Wesen und der Bedeutung der Eizelle kann nur durch phylogenetische Beurtheilung derselben gewonnen werden.

140. (S. 423.) Synamoebien: Cienkowski, Ueber den Bau und die Entwickelung der Labyrinthuleen (Arch. für mikrosk. Anat. 1870. Bd. III, S. 274). Hertwig, Microgromia socialis (Arch. für mikrosk. Anat.)

141. (S. 425.) Die Catallacten, eine neue Protisten-Gruppe. (*Magosphaera planula*). Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. Bd. VI, 1871, S. 1.

142. (S. 430.) Haliphysema und Gastrophysema, Gastraeaden der Gegenwart. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1876. Bd. XI, S. 1. Taf. I—VI.

143. (S. 432.) Die fünf ersten Entwickelungsstufen des Thierkörpers, welche in der 17. Tabelle zusammengestellt sind, und welche der Mensch mit allen höheren Thieren theilt, sind für die Ontogenesis der meisten Thiere gegenwärtig unzweifelhaft festgestellt. Da uns die vergleichende Anatomie im System der niederen Thiere entsprechende Formstufen noch heute existirend nachweist, dürfen wir dieselben nach dem biogenetischen Grundgesetze auch für die Phylogenesis als fundamentale Ahnen-Stufen annehmen.

144. (S. 439.) Ueber Axenbestimmung und geometrische Grundform des Thierkörpers vergl. die »*Promorphologie*«. (Gen. Morphol. Bd. I, S. 374—574.)

145. (S. 446.) Die Zwitterbildung in unserer Ahnen-Reihe hat sich von den Chordoniern vielleicht noch auf die niederen Stufen der Wirbelthier-Ahnen fortgesetzt. Vergl. den XXV. Vortrag.

146. (S. 449.) Als lebende Chordonier der Gegenwart möchte ich die Appendicularien auffassen, die einzigen Wirbellosen, welche zeitlebens eine Chorda besitzen, und dadurch, sowie durch viele andere Eigenthümlichkeiten, sich von den eigentlichen Tunicaten entfernen.

147. (S. 460.) Metamorphose der Lampreten. Dass die blinden *Ammocoetes* sich in *Petromyzon* verwandeln, wusste schon vor zweihundert Jahren (1666) der Strassburger Fischer Leonhard Baldner; doch blieb dessen Beobachtung unbekannt und erst im Jahre 1854 wurde diese Verwandlung von August Müller wieder entdeckt (Archiv für Anat. 1856, S. 325). Vergl. Siebold, Die Süsswasserfische von Mittel-Europa. 1863.

148. (S. 468.) Die Selachier als Urfische. Die alten Streitigkeiten über die systematische Stellung und Verwandtschaft der Selachier hat erst Gegenbaur in der Einleitung zu seinem classischen Werke über »das Kopfskelet der Selachier« entscheidend aufgeklärt.

149. (S. 470.) Gerard Krefft, Beschreibung eines gigantischen Amphibiums etc.; und Albert Günther, Ceratodus und seine Stelle im System. Archiv für Naturgeschichte, 37. Jahrgang 1871, Bd. I, S. 321 etc. Ferner: Philosophical Transactions, 1871, Part. II, p. 511 etc.

150. (S. 479.) Die Metamorphose der Amphibien dauert bei den verschiedenen Frosch-Arten und Kröten-Arten sehr verschiedene Zeit und bildet zusammen eine vollständige phylogenetische Reihe von der ursprünglichen, ganz vollkommenen, bis zu der späteren, ganz abgekürzten und verwischten Vererbung der Verwandlung.

151. S. 480. »Der Erdmolch (*Salamandra maculata*) drängt durch seine gesammten histiologischen Verhältnisse die Vermuthung auf, dass er einer anderen Lebensepoche der Erde angehört, als der ihm äusserlich so ähnliche Wassermolch (*Triton*).« Robert Remak, Entwickelung der Wirbelthiere S. 117.

152. S. 480. Siredon und Amblystoma. Ueber die phylogenetische Deutung, welche der vielbesprochenen Umwandlung des mexicanischen Axolotl in ein Amblystoma zu geben ist, sind neuerdings sehr verschiedene Ansichten geäussert worden. Vergl. darüber namentlich August Weismann in der Zeitschr. für wissensch. Zoologie, Bd. XXV. Supplem. p. 297—334.

153. S. 481. Der Laubfrosch von Martinique (*Hylodes martinicensis*) verliert die Kiemen am 7., den Schwanz und den Dottersack am 8. Tage des Eilebens. Am 9. oder 10. Tage nach der Befruchtung schlüpft der fertige Frosch aus dem Ei. Bavay, sur l'Hylodes martinicensis et ses métamorphoses. Journ. de Zool. par Gervais Vol. II. 1873. p. 13.

154. S. 482. »Homo diluvii testis« = Andrias Scheuchzeri. »Betrübtes Beingerüst von einem alten Sünder: Erweiche, Stein, das Herz der neuen Bosheits-Kinder.« Vom Diaconus Miller. Quenstedt, Sonst und Jetzt. 1856. S. 239.

155. S. 482. Die Amnionbildung der drei höheren Wirbelthier-Klassen, welche allen niederen Wirbelthieren fehlt, hat gar keinen Zusammenhang mit der ähnlichen, aber selbständig erworbenen analogen, aber nicht homologen Amnion-Bildung der höheren Gliederthiere.

156. S. 486. Die einstmalige Existenz eines Protamnion, als gemeinsamer Stammform aller Amnioten, wird durch die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Reptilien, Vögel und Säugethiere unzweifelhaft bewiesen. Jedoch sind versteinerte Reste eines solchen Protamnion bisher noch nicht gefunden. Sie sind in der permischen oder Steinkohlen-Formation zu suchen.

157. S. 495. Die einstmalige Organisation der Promammalien lässt sich durch die vergleichende Anatomie der Salamander, der Eidechsen und der Schnabelthiere hypothetisch reconstruiren.

158. S. 495. Die Didelphien-Ahnen des Menschen können äusserlich von allen uns bekannten Beutelthieren sehr verschieden gewesen sein, werden aber die wesentlichen inneren Eigenthümlichkeiten aller Marsupialien besessen haben.

159. S. 505. Die phylogenetische Bedeutung der Halbaffen als [illegible] Stammgruppe der Placentalien wird durch unsere Kenntniss fossiler Prosimien [illegible] bestätigt. [illegible] palaeontologische Thatsachen mit Sicherheit [illegible] ehemals als [illegible] Form verwerthet werden können.

160. S. 510. Ueber die Decidua-Bildung sind sehr verschiedene Theorien aufgestellt worden. Vergl. Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen. 2. Aufl. 1879. p. 319—375. Ercolani, [illegible] Bologna 1877. Le glandule [illegible] Bologna 1868, 1873. Huxley, Lectures on the elements of comparative Anatomy. 1864. p. [illegible].

161. S. 511. Huxley, Handbuch der Anatomie der Wirbelthiere. 1873. S. [illegible]. Früher theilte Huxley die »Primaten« in sieben Familien von ungefähr [illegible] systematischem Werthe (in den »Zeugnissen« etc. S. [illegible]).

162. S. 51[illegible]. Darwin, Die geschlechtliche Zuchtwahl bei den Affen und Menschen. Abstammung des Menschen. Bd. II. S. [illegible].

163. S. 51[illegible]. Menschenähnliche Schlankaffen. Unter allen Affen [illegible] einige Schlankaffen (*Semnopithecus*) durch besondere Menschenähnlichkeit [illegible] in der Form der Nase und der Frisur, sowie des Kopfhaares an der Bartbildung. Darwin, Abstammung des Menschen Bd. I. S. [illegible] Bd. II. S. [illegible].

164. S. 52[illegible]. Friedrich Müller, Allgemeine Ethnographie. Wien [illegible]. Ueber das muthmassliche Alter des Menschen S. [illegible]. Sprachstämme S. [illegible].

165. S. 52[illegible]. Die Migrations-Tafel (XV) in der »Natürl. Schöpfungsgeschichte« beansprucht bloss den Werth eines ersten Versuchs, einer hypothetischen Skizze, wie ich ausdrücklich daselbst gesagt habe und wiederholten Angriffen gegenüber nochmals hier betonen muss.

166. S. 5[illegible]. Decidua[illegible]. Die phylogenetische Unterscheidung einer [illegible] Decidua[illegible] als besonderer [illegible] der Säugethierklassen [illegible] vergleichende Anatomie [illegible].

167. (S. 539.) Milchdrüsen. Huss, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Milchdrüsen; und Gegenbaur, Bemerkungen über die Milchdrüsen-Papillen. Jenaische Zeitschr. für Naturw. 1873. Bd. VII, S. 176, 204.

168. (S. 542.) Ueber die Behaarung der Menschen und Affen vergl. Darwin, Abstammung des Menschen, Bd. I, S. 20, 167, 180; Bd. II, 280, 298, 335 etc.

169. (S. 549.) Rückenseite und Bauchseite sind bei den Wirbelthieren, Gliederthieren, Weichthieren und Würmern homolog, daher Rückenmark und Bauchmark nicht vergleichbar. Vergl. Gegenbaur, Morphol. Jahrb. Bd. I, S. 5, 6.

170. (S. 557.) Der unbekannte ontogenetische Ursprung des sympathischen Nervensystems ist aus phylogenetischen Gründen wahrscheinlich zum grössten Theile im Darmblatt, nicht im Hautblatt zu suchen.

171. (S. 573.) Ueber die Nebenhöhlen der Nase vergl. Gegenbaur, Grundriss der vergl. Anat. S 580.

172. (S. 582.) Die Analogien in der Keimung der höheren Sinnesorgane sind schon von der älteren Naturphilosophie richtig erfasst worden. Die ersten genaueren Angaben über die sehr schwierige Keimesgeschichte der Sinnesorgane, und namentlich des Auges und Ohres, machte (1830) Emil Huschke in Jena (Isis, Meckel's Archiv etc.).

173. (S. 587.) Hasse, Anatomische Studien (grösstentheils über das Gehörorgan) Leipzig 1873.

174. (S. 590.) Johannes Rathke, Ueber den Kiemen-Apparat und das Zungenbein. 1832. Gegenbaur, das Kopfskelet der Selachier. 1872. (Note 124.)

175. (S. 592.) Ueber die rudimentäre Ohrmuschel des Menschen vergl. Darwin, Abstammung des Menschen, Bd. I, S. 17—19.

176. (S. 597.) Die vergleichende Anatomie zeigt ihren hohen morphologischen Werth kaum anderswo so handgreiflich, als am Skelet der Wirbelthiere; sie leistet hier viel mehr als die Ontogenie. Dies mag hier um so mehr betont werden, als neuerdings Goette in seiner monströsen Entwickelungsgeschichte der Unke der vergleichenden Anatomie jeden wissenschaftlichen Werth abgesprochen und behauptet hat, dass die Morphologie einzig und allein durch die Ontogenie erklärt werde. Vergl. meine »Ziele und Wege der heutigen Entwicklungsgeschichte«. 1875, S. 52 etc.

177. (S. 602.) Der Schwanz des Menschen ist in Bezug auf Grösse und Ausbildung sehr variabel, gleich allen anderen rudimentären Orgamen. In seltenen Fällen bleibt derselbe als freie Hervorragung zeitlebens bestehen; gewöhnlich verwächst er schon frühzeitig, ebenso wie bei den anthropoiden Affen.

178. (S. 603.) Ueber die Wirbelzahlen der verschiedensten Säugethiere vergl. Cuvier, Leçons d'anatomie comparée, II. Edit. Tome I, 1835, p. 177.

179. (S. 610.) Ueber die ältere Schädel-Theorie von Goethe und Oken vergl. Virchow, Goethe als Naturforscher, 1861. S. 103.

180. (S. 611.) Carl Gegenbaur, Das Kopfskelet der Selachier, als Grundlage zur Beurtheilung der Genese des Kopf-Skelets der Wirbelthiere. 1872.

181. (S. 616.) Carl Gegenbaur, Ueber das Archipterygium. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. Bd. VII, 1873, S. 131.

182. (S. 618.) Carl Gegenbaur, Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere. 1. Heft. Ueber Carpus und Tarsus (1864). 2. Heft. Schultergürtel der Wirbelthiere. Brustflosse der Fische. (1866).

183. (S. 619.) Charles Martins, Nouvelle comparaison des membres pelviens et thoraciques chez l'homme et chez les mammifères. Mémoires de l'Acad. de Montpellier Vol. III, 1857.

184. (S. 621) Verknöcherung. Nicht alle Knochen des menschlichen Körpers sind knorpelig vorgebildet. Vergl. Gegenbaur, Ueber primäre und secundäre Knochenbildung, mit besonderer Beziehung auf die Lehre vom Primordial-Cranium. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1867. Bd. III, S. 54.

185. (S. 621.) Johannes Müller, Vergleichende Anatomie der Myxinoiden. Abhandl. der Berlin. Akad. 1834—1842.

186. (S. 627.) Die Homologie des Urdarms und der beiden primären Keimblätter ist die Vorbedingung für die morphologische Vergleichung der verschiedenen Metazoen-Stämme.

187. (S. 632.) Die Amphibien und Ganoiden haben in der Darm-Entwickelung die ursprünglichen Cranioten-Verhältnisse treuer durch Vererbung conservirt als die Selachier und Knochenfische. Die palingenetische Keimung der Selachier ist durch cenogenetische Anpassungen vielfach abgeändert.

188. (S. 639.) Ueber die Homologie der Schuppen und Zähne vergl. Gegenbaur, Grundriss der vergl. Anat. 1874, S. 426 und 582; ferner Oscar Hertwig. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1874. Bd. VIII. Ueber den wichtigen Unterschied von Homologie (morphologischer Vergleichung) und Analogie (physiologischer Vergleichung) siehe Gegenbaur, l. c. p. 63; ferner meine Gen. Morphol. (Bd. I, S. 313).

189. (S. 643.) Wilhelm Müller, Ueber die Hypobranchial-Rinne der Tunicaten und deren Vorhandensein bei Amphioxus und den Cyclostomen. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1873, Bd. VII, S. 327.

190. (S. 660.) Die Neuromuskel-Zellen der Hydra werfen das erste Licht auf die gleichzeitige phylogenetische Differenzirung des Nerven- und Muskel-Gewebes. Vergl. Kleinenberg, *Hydra*. Leipzig 1872.

191. (S. 678.) Die Keimesgeschichte des menschlichen Herzens wiederholt im Wesentlichen getreu dessen Stammesgeschichte, Jedoch ist diese palingenetische Wiederholung im Einzelnen vielfach beschränkt und verwischt durch cenogenetische Abänderungen des ursprünglichen Entwickelungsganges, theils Zeit-, theils Ort-Verschiebungen, die Folgen embryonaler Anpassungen.

192. (S. 679.) Ueber die specielle Keimesgeschichte des menschlichen Gefässsystems vergl. Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen, II. Aufl. 1876; ferner Rathke's ausgezeichnete Ontogenien.

193. (S. 682.) Die Homologien der Urorgane, wie sie vorläufig hier nach der Gastraea-Theorie (Note 24) aufgeführt sind, können erst durch weiteres Zusammenwirken der vergleichenden Anatomie und Ontogenie festgestellt werden. Vergl. Gegenbaur, Grundriss der vergleichenden Anatomie.

194. (S. 686.) Mechanismus der Fortpflanzung. Da die Functionen der Fortpflanzung und der damit zusammenhängenden Vererbung sich auf das Wachsthum zurückführen lassen, so werden auch die ersteren, gleich den letzteren, sich schliesslich durch Anziehung und Abstossung homogener und heterogener Theilchen erklären.

195. (S. 693.) Ueber die ursprüngliche Zwitterbildung der Wirbelthiere vergl. Waldeyer, Eierstock und Ei, 1870, S. 152; ferner Gegenbaur, Grundriss d. v. A. 1874, S. 615. Ueber den Ursprung der Eier aus dem »Eierstocks-Epithel« vergl. Pflüger, die Eierstöcke der Säugethiere und des Menschen. 1863.

196. (S. 692.) Edouard van Beneden. De la distinction originelle du testicule et de l'ovaire. Bruxelles 1874.

197. (S. 710.) Ueber die speciellere Keimesgeschichte der Harn- und Geschlechts-Organe vergl. Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen, II. Aufl. 1876; über die Homologien dieser Organe: Gegenbaur, Grundriss der vergl. Anatomie, 1874. S. 610—628.

198. (S. 730.) Wilhelm Wundt, Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 1863. W. Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie. 1874.

199. (S. 737.) Ueber lebendige (actuelle) und gebundene (potentielle) Kräfte vergl. Hermann Helmholtz, Wechselwirkung der Naturkräfte (Populäre wissenschaftliche Vorträge, II. Heft. 1871).

200. (S. 738.) »Die Anthropologie als Theil der Zoologie« Generelle Morphologie Bd. II, S. 432. Natürliche Schöpfungsgeschichte, V. Aufl., S. 35. 648.

Register.

Abänderung 130.
Abgekürzte Vererbung 328.
Abstammung des Menschen 85.
Abstammungslehre 69.
Acalephen 436, 450.
Acoelomier 437; 450.
Acranier 334, 454.
Adamsapfel 643.
Aderhaut 576, 581.
Aderkuchen 307, 500.
Affen, 507, 526.
Affenfrage 507, 725.
Affenmenschen 520, 412.
After 272, 633, 649.
Aftergrube 272.
Agassiz's Schöpfungsgedanken 94.
Ahnenreihe des Menschen 412, 522.
Alali 520.
Allantois 305, 484, 701.
Allmähliche Entwickelung 137.
Alluvial-Periode 385.
Alter der Gewebe 662, 666.
Alter der Organsysteme 659, 667.
Amasta 493, 539.
Ambos 584, 589.
Amnion 251, 310.
Amnionthiere 472, 482.
Amniota 472, 482.
Amoeben 115, 418.
Amoeben-Gemeinden 423.
Amoeboide Bewegung 116, 419.
Amoeboide Eizellen 117, 419.
Amphibien 472, 474.
Amphigastrula 164, 194.
Amphigonia 131.
Amphioxus 332, 455.
— Bedeutung 206, 342.
— Blastula 355.
Amphioxus, Blutgefässe 337.
— Chorda 335.
— Darmrohr 337,
— Gastrula 356.
— Geschlechtsorgane 341.
— Keimblätter 358.
— Körperform 335.
— Markrohr 336.
— Seitencanäle 339.
— Stellung im System 334.
— Verbreitung 334,
— Zellenstammbaum 374.
Amphirhina 454, 457.
Analogie 702.
Anamnia 454, 472.
Anhangs-Skelet 600, 615.
Animalculisten 31.
Animale Organe 530, 531.
Animales Keimblatt 160, 262.
Anorgane 128, 400.
Anorganische Erdgeschichte 380.
Anpassung 130.
Anthropocentrische Idee 738.
Anthropoiden 519, 526.
Anthropolithisches Zeitalter 384, 388.
Anthropozoische Perioden 385, 389.
Antimeren (Gegenstücke) 208.
Aorta 215, 675.
Aortenbogen 673, 675.
Aortenstamm 673.
Aortenwurzeln 673.
Appendicularia 367, 447.
Arbeitstheilung 125, 132.
Archelminthen 438.
Archigastrula 163, 194.
Archipterygium 616.
Archolithisches Zeitalter 382, 391.
Archozoische Perioden 382, 385.

Area germinativa 235.
— *opaca* 239.
— *pellucida* 239.
Aristoteles 24, 668.
— Entwickelungsgeschichte 24.
— Epigenesis 25.
— Herzbildung 668.
Art (Begriff) 61, 93.
Arteriae omphalo-mesentericae 317.
— *umbilicales* 320.
— *vertebrales* 317.
— *vitellinae* 317.
Arterien 315.
Arterienbogen 674.
Arterienstiel 676.
Arthropoda 450, 452.
Ascidien 344, 448.
— Blastula 364.
— Chorda 365, 449.
— Darm 346.
— Gastrula 364.
— Geschlechtsorgane 347.
— Herz 347.
— Homologien 372, 373.
— Kiemensack 345.
— Mantel 344, 369.
— Markrohr 365.
— Schwanz 365.
— Stöcke 348.
Ascula 431.
Athmungsdarm 213, 638.
Athmungsorgan 213, 641.
Atrium 672, 676.
Augapfel 575.
Auge 575, 581.
Augenblasen 286, 577.
Augenlider 582.
Aurikeln 676.
Auszugsentwickelung 11.
Auszugsgeschichte 10.
Axenlöthung 242.
Axenplatte 240.
Axen des Körpers 208, 439.
Axenskelet 600, 615.
Axenstab 243.
Axenstrang 242.
Axolotl 480.

Backzähne 514.
Baer (Carl Ernst) 43.
— Axenstab 46.
— Blasen-Grundform 426.
— Gesetz 48.
— Keimblase 46.
— Keimblätter-Theorie 43.
— Leben 44.
— Menschen-Ei 45, 711.
— Typen-Theorie 47.
Balanoglossus 445.
Bandwürmer 438.
Bathybius 416.
Batrachia 480.
Bauchgefäss 339, 669.
Bauchhöhle 211, 490.
Bauchplatten 273
Bauchspeicheldrüse 638, 648.
Bauchwand 253.
Beckendarmhöhle 269.
Beckengürtel 598, 618.
Befruchtung 139, 144.
Belegknochen 613.
Beutelkiemer 459.
Beutelknochen 497.
Beutelthiere 495, 524.
Bewegungs-Apparat 531, 595.
Bilaterale Grundform 208, 437.
Bildnerinnen 107, 413.
Bildungsdotter 175.
Bimana 511.
Bindehaut des Auges 554.
Bindegewebe 663, 666.
Biogenie 20, 720.
Biogenetisches Grundgesetz 6, 60, 720.
Bischoff (Wilhelm) 49.
Blasen-Gastrula 186, 194.
Blastaea 426.
Blastocoeloma 157.
Blastoderma 157.
Blastodiscus 183.
Blastogenie 20.
Blastophylie 20.
Blastophylla 160.
Blastosphaera 157.
Blastula 157, 195.
Blätter (Laminae) 241.
Blinddarm 638, 648.
Blutadern 315.
Blutgefässe 669.
Blutsverwandtschaft 91.
Blutzellen 131, 666.

Bogengänge 585, 589.
Bonnet 33.
Briefcouvert-Theorie 656.
Brustbein 601.
Brusthöhle 211, 490.
Brustkorb 601.
Brustwarze 539.
Brustwirbel 601.
Bulbus arteriosus 672.
Bulbus oculi 575.

Caenolithisches Zeitalter 384, 388.
Caenozoische Perioden 388, 391.
Cambrische Periode 383, 391.
Canalis auricularis 677.
Carbonische Periode 386, 391.
Cardinal-Venen 313.
Carpus 598.
Catarhinae 515. 526.
Causae efficientes 13, 66, 736.
— *finales* 14, 66, 736.
Causalnexus der Biogenie 8, 736.
Cavum tympani 583. 591.
Cenogenesis 11.
Cenogenetische Furchung 187.
Cenogenie 10.
Centralherzen 472.
Centralmark 544, 560.
Central-Nervensystem 544.
Central-Skelet 600, 615.
Ceratodus Forsteri 471.
Cerebellum 545, 560.
Cerebrum 545, 560.
Cetacea 524.
Cetomorpha 503. 524.
Chorda dorsalis 208, 243.
Chorda-Gewebe 605.
Chorda-Scheide 605.
Chordathiere 444, 446.
Chorda vertebralis 208, 243.
Chordonier 444, 446.
Chorioidea 576, 581.
Chorioideal-Spalte 586.
Chorion 311, 502.
— *frondosum* 504.
— glattes 504.
— *laeve* 504.
— zottiges 504.
Chorologie 91.
Chylusgefässe 672.
Cicatricula 112.
Clavicula 598, 618.
Clitoris 710, 716.
Cochlea 585, 589.
Coelenterata 436.
Coeloma 211, 437.
Coelomaten 437, 450.
Columna vertebralis 280, 604.
Concrescenz 134.
Conjunctiva 582, 589.
Connectivum 663, 666.
Copulations-Organe 708.
Copulativa 708.
Coracoideum 598, 618.
Corium 536, 560.
Cormogenie 20.
Cormophylie 20.
Cornea 576, 581.
Costae 598, 601.
Cranioten 456, 472.
Cranium 609.
Cultur-Periode 384.
Cutis 537, 560.
Cuvier's Katastrophen-Theorie 63.
— Typen-Theorie 47.
Cyclostomen 457, 472.
Cytoden 106.
Cytula 144.
Cytulococcus 144.

Dalton 43.
Darmbein 598, 618.
Darmblatt 160.
Darmdrüsen 638, 646.
Darmdrüsenblatt 190, 220.
Darmepithelium 634.
Darmfaserblatt 190, 220.
Darmfurche 247, 633.
Darmlarve 356.
Darmmuskelblatt 190, 220.
Darmnabel 228.
Darmpforten 270.
Darmrinne 247,633.
Darmrohr 269.
Darmthiere (Metazoen) 202, 450.
Darwin (Charles) 79.
— Abstammung des Menschen 84.
— geschlechtliche Zuchtwahl 84.
— Selections-Theorie 78.
— sexuelle Selection 84.

Darwin (Erasmus) 79.
Darwinismus 78.
Decidua 504, 508.
Decidualose 504.
Deciduata 504. 524.
Deciduathiere 504.
Deckengewebe 662, 666.
Deckknochen 613.
Deduction 85, 406.
Derma 560.
Descendenz-Theorie 69.
Devonische Periode 386, 391.
Dichtwürmer 437, 450.
Dickdarm 630, 638.
Dicke der Erdschichten 382, 391.
Didelphia 495, 524.
Differenzirung 125, 132.
Digiti 598.
Diluvial-Periode 385, 388.
Dipneusten 470, 472.
Discogastrula 178, 194.
Discoidale Furchung 182, 195.
Discoplacentalia 505, 524.
Discus blastodermicus 113, 183.
Doellinger 42.
Doppelathmer 470, 472.
Doppelschild 239.
Dotter 110.
Dotterarterien 317.
Dottergang 271, 510.
Dottergefässe 317.
Dotterhaut 113.
Dotterhöhle 112.
Dottersack 271, 632.
Dottervenen 317.
Drucksinn 566.
Drüsen der Haut 537, 560.
— des Darms 638, 646.
Dualismus 15, 737.
Dualistische Philosophie 15.
Ductus Gartneri 705, 716.
— *Mülleri* 703, 716.
— *Rathkei* 704, 716.
— *Wolffii* 703, 716.
Dunkler Fruchthof 239.
Dünndarm 629, 638.
Dysteleologie 89, 648.

Echidna 495.
Echinoderma 348, 450.
Eckzähne 514.
Eichel 709.
Eichelwürmer 445.
Eidechsen 472, 486.
Ei des Menschen 111, 711.
Eierstöcke 215, 692, 716.
Eierstocksplatte 694.
Eifurchung 153, 195.
Ei-Gläubige 31.
Eihüllen 301, 504.
Eileiter 695, 715.
Einheitliche Weltanschauung 14, 737.
Einschachtelungs-Theorie 29.
Eiszeit 384.
Eizelle 108.
— der Hühner 113.
— der Menschen 111, 711.
— der Säugethiere 111.
— der Schwämme 117.
— der Vögel 113.
Elementar-Organismus 101.
Ellbogen 598, 618.
Embryo 4.
Embryologie 5.
Embryonal-Anlage 239
Embryonen der Wirbelthiere 288.
Encephalon 560.
Endocoelarium 693, 669.
Enddarm 648.
Endursachen 14, 66.
Enteropneusten 446.
Entoderma 169, 190.
Entwickelung der Formen 16.
Entwickelung der Functionen 16.
Entwickelungsgeschichte 1. 20.
Eocaen-Periode 384, 388.
Epidermis 536, 560.
Epididymis 706, 716.
Epigenesis 34, 36.
Epigenesis-Theorie 34, 36.
Epithelgewebe 662.
Epithelium 662, 666.
Erblichkeit 132.
Erbstücke von den Affen 724.
Erdmolche 480.
Ernährung 129.
Evolutio 29.
Evolutions-Theorie 29.
Excretions-Organe 216, 696.
Exocoelarium 669, 693.

Exoderma 160, 190.
Extremitäten 465, 620.

Fabricius ab aquapendente 27.
Fallopische Canäle 716.
Fallopische Hydatiden 716.
Fälschungsentwickelung 11.
Fälschungsgeschichte 10.
Faserblätter 225.
Felsenbein 589.
Femur 598, 618.
Fettschicht der Lederhaut 560.
Fibula 598. 618.
Finger 598.
Fisch-Ahnen 467.
Fische 464, 472.
Fisch-Flossen 466.
Fisch-Schuppen 639.
Fisch-Gastrula 178.
Fledermäuse 511, 524.
Flimmerlarve 424.
Flimmerschwärmer 426.
Flimmerzellen 142.
Fleisch 210.
Fleischschicht 190.
Flossenskelet 616.
Flossenstab 616.
Flossenstrahlen 616.
Formbildende Functionen 13.
Formenlehre 7.
Fortpflanzung 130.
Fortpflanzungs-Organe 688, 716.
Frösche 48
Frosch-Eifurchung 166.
Frosch-Gastrula 69.
Frosch-Larven 478.
Froschlurche 480.
Frosch-Verwandelung 477.
Fruchtbehälter 706.
Fruchthaut 251.
Fruchthof 235.
Fruchtkuchen 503.
Fruchtwasser 251.
Functionen der Entwickelung 128.
Functionslehre 16.
Fünfzehige Füsse 475.
Funiculus umbilicalis 308, 510.
-- *genitalis* 706.
Furchung der Eizelle 153, 194.
Furchungsformen 195.
Furchungsrhythmus 196.
Furchungszellen 153.
Fuss 511.
Fusswurzel 512, 598.

Gallenblase 647.
Gallendarm 629, 638.
Gallengänge 647.
Ganoiden 466, 472.
Ganzfurchende Eier 175.
Gartner'scher Gang 705, 716.
Gastraea 187, 428.
Gastraeaden 426, 430.
Gastraea-Theorie 200, 532.
Gastrocystis 235.
Gastrodiscus 235.
Gastrophysema 430.
Gastrula 158, 429.
Gaumen 572.
Gaumendach 571.
Gaumensegel 628.
Gebärmutter 706.
Gebiss des Menschen 514.
Gebundene Kräfte 737.
Gefälschte Vererbung 9, 328.
Gefässblatt 43, 190.
Gefässgewebe 665, 666.
Gefässschicht 190.
Gegenbaur 88, 453.
— Descendenz-Theorie 88.
— Gliedmaassen-Theorie 616.
— Kopf-Skelet 6 0.
— Schädel-Theorie 610.
— Vergleichende Anatomie 453.
Gegenstücke Antimeren 208.
Gehirn 545 560
Gehirnblasen 55 , 560.
Gehirnschädel 609.
Gehörblasen 584.
Gehörgang 590
Gehörknöchelchen 583.
Gehörlabyrinth 584, 589.
Gehörnerv 584, 589.
Gehörorgan 583.
Gehörsäckchen 585, 589.
Gehörschlauch 585, 589.
Geisselzellen 142.
Geist 19, 555, 729.
Geistige Entwickelung 729.
Gekröse 630.

Gekrösplatte 247, 262.
Generatio spontanea 401.
Generations-Theorie 34.
Generelle Morphologie 83.
Geologische Hypothesen 330.
Geocentrische Idee 738.
Geruchsgruben 568.
Geruchsnerv 567.
Geruchsorgan 567.
Geschlechtliche Fortpflanzung 131.
Geschlechtliche Zuchtwahl 84, 689.
Geschlechtsdrüsen 692.
Geschlechtsfalten 709, 716.
Geschlechtsfurche 709, 716.
Geschlechtshöcker 709, 716.
Geschlechtsleiter 695, 715.
Geschlechtsnerven 566.
Geschlechtsorgane 215, 619.
Geschlechtsplatten 693.
Geschlechtssinn 566.
Geschlechtsstrang 706.
Geschlechtstrennung 431, 690.
Geschmacksnerv 566.
Geschmackssinn 566.
Gesichts-Entwickelung 571, 649.
Gesichtsschädel 598, 610.
Gewebe 662, 666.
Gibbon 517, 520.
Glacial-Periode 384.
Glans phalli 709.
Glaskörper 576, 581.
Gliederthiere 450, 452.
Gliederung des Menschen 278.
Gliedmaassen 465, 620.
Gliedmaassen-Skelet 617, 598.
Gliedmaassentheorie 615, 617.
Glocken-Gastrula 163.
Glomeruli renales 698.
Gnathostomen 457.
Goethe Wolfgang 72.
— Metamorphosen-Trieb 73.
— Morphologie 72.
— Schädeltheorie 610.
— Specifications-Trieb 73.
— Vernunft 735.
Goette Alexander 53.
Gonades 692.
Gonochorismus 431, 690.
Gonophori 695, 715.
Gorilla 517, 519.
Graaf'sche Follikel 711.
Grad der Ausbildung 48.
Grosshirn 546, 560.
Gürtel-Skelet 598, 616.
Gubernaculum Hunteri 716.

Haare 540, 560.
Haarkleid 541.
Haarthiere 540.
Hahnentritt 2.
Halbaffen 506, 524.
Haliphysema 430.
Haller Albrecht 32.
Halswirbel 601.
Hammer 584, 589.
Hand 511.
Hand-Skelet 617.
Handwurze 512, 598.
Harnblase 703.
Harncanälchen 698.
Harngeschlechtshöhle 707, 709.
Harngeschlechtsleiter 696.
Harnleiter 703.
Harnorgane 695.
Harnröhre 710, 716.
Harnsack 305.
Harnsystem 696.
Harvey 27.
Hasenscharte 572.
Hauben-Gastrula 164, 194.
Hauptkammer des Herzens 672.
Haut 532, 558.
Hautblatt 190.
Hautdecke 532, 560.
Hautdrüsen 537, 560.
Hautfaserblatt 190.
Hautmuskelblatt 190.
Hautmuskeln 531.
Hautnabel 253.
Hautnerven 566.
Hautschicht 190.
Hautsinnesblatt 190.
Hautskelet 595.
Heller Fruchthof 239.
Hespitheci 5 3.
Hermaphroditen 689.
Hermaphroditismus 431, 689.
Herz des Menschen 676, 678.
Herz-Entwickelung 681.
Herzhöhle 316.

Herzgekröse 316.
Herzkammer 676.
Herzohren 676.
Hesperopitheci 513.
Heterochronien 12.
Heterotopien .
Hinfallhaut 504.
Hinterbeine 465, 298.
Hinterdarm 648.
Hinterhirn 552 560.
Hirnabtheilungen 545.
Hirnblasen 275, 547.
His (Wilhelm) 53.
Histogenie 20, 51.
Histologie 50, 662.
Histophylie 20.
Hoden 215, 692, 716.
Hodenplatte 694.
Hodensack 710, 716.
Hoden-Wanderung 708.
Hohlwürmer 437
Höllenlappen-Theorie 656.
Holoblastische Eier 174.
Hologastrula 94.
Homologie 201, 702.
Homologie der Geschlechter 716.
Homologie der Keimblätter 201.
Homologie des Urdarms 20, 631.
Homologien der Thierstämme 682.
Hornblatt 246.
Hornhaut des Auges 576, 581.
Hornplatte 246.
Hornschicht der Oberhaut 537.
Hufthiere 503, 524.
Hühnchen (Bedeutung) 27.
Hüllen des Embryo 301, 508.
Humerus 598, 618.
Huntersches Leitband 705, 708.
Huxley 82, 611.
— Keimblätter-Theorie 55.
— Mensch und Affe 82.
— Primaten-Gesetz 518.
— Schädel-Theorie 611.
— Zeugnisse 82.
Hylobates 520, 526.
Hypospadia 710.

Jaeger (Gustav) 83.
Jahrmillionen der Erdgeschichte 379.
Inaequale Furchung 164, 194.
Indecidua 503, 524.
Individualität 101.
— der Metameren 279.
— der Zellen 101.
Indogermanischer Stammbaum 395.
Induction 85, 406.
Insecten-Seelen 731.
Iris 577 58
Integumentum 536.
Jungfernzeugung 33, 139.
Jura-Periode 387, 391.

Kalkschwämme 95.
Kampf ums Dasein 78.
Kant (Immanuel) 65.
Katarhinen 5 5, 526.
Katastrophen-Theorie 63.
Kaulquappen 478.
Kehlkopf 638, 642.
Keim 4.
Keimblase 146, 234.
Keimbläschen 10.
Keimdarmblase 235.
Keimdarmscheibe 235.
Keimdrüsen 692.
Keimepithel 693.
Keimesgeschichte 6, 20.
Keimfleck 110.
Keimhaut 157.
Keimhautblase 157.
Keimhöhle 157.
Keimhüllen 301, 508.
Keimpunkt 110.
Keimplatte 693.
Keimscheibe 113, 183.
Keimschild 239
Keimungs-Stufen 195.
Kerne der Zellen 103.
Kieferbogen 457 571.
Kiefermündige 457.
Kiemenbogen 637.
Kiemenbogen der Urfische 612.
Kiemenbogen des Menschen 614.
Kiemendarm 635.
Kiemenlurche 479.
Kiemenspalten 637.
Kiemenverlust 477.
Kitzler 710, 716.
Kleinenberg (Nicolaus) 660.
Kleinhirn 546, 560.

Kloake 492, 709.
Kloakenthiere 492, 524.
Knochenfische 466, 472.
Knochengerüst 599.
Knochenkerne 609.
Knospung 686.
Kokkyx 602.
Kölliker (Albert) 49,51.
Kopfdarmhöhle 269.
Kopfkappe 310.
Kopfmark 545.
Kopfplatte 270.
Kopfrippen 614.
Kopfscheide 310.
Kowalevsky (August) 49, 355.
Kraft und Stoff 737.
Kreide-Periode 387, 391.
Kreislauf des Fruchthofes 319.
— Amphioxus 339.
— Ascidie 347.
— Fische 673.
— Säugethiere 675.
Kreuzbein 602.
Kreuzwirbel 598.
Krummdarm 630, 638.
Krümmungen des Embryo 297.
Krystallinse 578, 581.

Labyrinth des Gehörs 584.
Labyrinthuleen 423.
Lamarck (Jean) 67.
— Leben 67.
— Mensch und Affe 71.
— Philosophie Zoologique 68.
Lamina dermalis 220, 262.
— *gastralis* 220, 262.
— *inodermalis* 262.
— *inogastralis* 262.
— *myxogastralis* 262.
— *neurodermalis* 262.
Lampreten 457, 472.
Länge der Zeiträume 379.
Lanugo 541.
Lanzetthierchen 205, 332.
Latebra (des Vogel-Eies) 112.
Laurentische Periode 383, 391.
Lebendige Kräfte 737.
Leber 638, 646.
Lederhaut 536, 560.
Lederplatte 262.
Leerdarm 630, 638.
Leeuwenhoek 31.
Leibnitz 33.
Leistenband der Urniere 708, 716.
Leitungsmark 557.
Lemuren 507.
Lemurien 521.
Lendenwirbel 601.
Lepidosiren paradoxa 474.
Leptocardia 472.
Linné (Carl) 61.
Linse 576, 581.
Lippenknorpel 612.
Lippenspalte 572.
Locomotorium 531, 595.
Lori 506.
Luftgang der Schwimmblase 641.
Luftröhre 638, 642.
Lunge 638, 642.
Lurche 472, 474.
Lurchfische 470 472.
Lyell (Charles) 64.
Lymphgefässe 672.
Lymphzellen 666.

Macula germinativa 110.
Magen 638, 641.
Magendarm 635.
Magosphaera planula 425.
Malpighi 24.
Malthus (National-Oeconom) 80.
Mamma 539.
Mammalia 489, 524.
Mammilla 539.
Mantelthiere 443.
Markfurche 243.
Markhüllen 557, 560.
Markplatte 262.
Markrohr 245.
Markwülste 243.
Marsipobranchii 459.
Marsupialia 495, 524.
Martins (Charles) 619.
Mastdarm 638, 648.
Materialismus 736.
Materie 737.
Männliche Ausführgänge 704, 716.
— Brust 540.
— Copulations-Organe 710.
— Fruchtbehälter 707.

Männliche Geschlechtsorgane 716.
— Geschlechtsplatte 694
— Keimblatt 692.
— Keimdrüsen 692.
— Milchdrüsen 540.
— Phallus (Penis) 710.
— Zellen 140, 688.
Maulbeerkeim 157.
Mechanismus der Natur 66.
Meckelscher Knorpel 614.
Medulla 545, 560.
— *capitis* 545.
— *centralis* 545.
— *oblongata* 547.
— *spinalis* 545.
Medullarrohr 245.
Medullarwülste 243.
Meninges 557, 560.
Menschenaffen 517.
Menschenahnen 412, 522.
Menschenseele 533, 733.
Menschwerdung 519.
Meroblastische Eier 176.
Merogastrula 194.
Mesenterium 630.
Mesoderma 191, 225.
Mesolithisches Zeitalter 387, 391.
Mesozoische Perioden 385, 387
Metacarpus 598, 618.
Metagaster 632.
Metagastrula 164.
Metameren 277.
Metameren-Bildung 279.
Metanephra 702.
Metatarsus 598, 618.
Metazoen (Darmthiere) 202, 450.
Microlestes 495.
Migrations-Theorie 92.
Milch 538.
Milchdrüsen 490, 539.
Miocaen-Periode 384, 388.
Mittelblätter 225.
Mitteldarm 638.
Mittelfuss 598, 618.
Mittelhand 598, 618.
Mittelhirn 552, 560.
Mittelplatte 247.
Mittleres Keimblatt 225.
Mollusca 450, 452.
Monaden 33.
Moneren 147, 411.
Monerula 146.
Monismus 14, 737.
Monistische Philosophie 14.
Monocondylien 486.
Monodelphia 498, 524.
Monogonie 131.
Monophyletischer Ursprung 597.
Monorhina 457, 472.
Monotrema 492, 524.
Monströse Entwickelung 138.
Morphogenie 18, 20.
Morphologie 17.
Morphophylie 20.
Morula 157.
Motorisch-germinatives Keimblatt 266.
Müller (Fritz) 49, 328.
Müller (Hermann) 140.
Müller (Johannes) 49, 453, 703.
Müller'scher Gang 703, 717.
Mund 272, 627, 638.
Mundgrube 272.
Mundhöhle 627, 639.
Muskeln 210, 665.
Muskelplatte 283.
Muskelsystem 621.
Mutterkuchen 503.
Myxinoiden 457, 472.

Nabel 253, 269.
Nabel-Arterien 320.
Nabelblase 271, 303.
Nabelgekrös-Arterien 317.
Nabelgekrös-Venen 318.
Nabelstrang 308, 510.
Nabel-Venen 320.
Nachdarm 632.
Nachgeburt 320.
Nachhirn 552, 560.
Nachniere 702.
Nackenkrümmung 297.
Nackenmark 545, 560.
Nägel 540, 560.
Nahrungsdotter 175.
Narbe des Vogel-Eies 112.
Nase 300, 573.
Nasenaffe 515.
Nasendächer 570.
Nasenfortsätze 569, 570.
Nasenfurche 568.

Nasengruben 568.
Nasenhöhlen 571.
Nasenklappen 569.
Natürliche Schöpfungsgeschichte 83.
Naturphilosophie 67.
Nebeneierstock 706, 716.
Nebenhoden 706, 716.
Nebenhöhlen der Nase 573.
Nervenmuskelgewebe 664, 666.
Nervensystem 545, 560.
Nervenzellen 104.
Nesselthiere 436, 450.
Netzhaut 576, 581.
Neunaugen 458.
Neuromuskelzellen 660, 664.
Nickhaut 582.
Nieren 696, 702.
Nierensystem 696.
Notaspis 239.
Nucleolus 110.
Nucleus 103.

Oberarm 598, 618.
Oberflächen-Furchung 185.
Oberhaut 536, 560.
Oberkieferfortsatz 571, 614.
Oberschenkel 598, 618.
Oberschlundknoten 441, 534.
Oekologie 92.
Ohrbläschen 584.
Ohrcanal des Herzens 677.
Ohrenschmalzdrüsen 538.
Ohrmuschel 592.
Ohrmuskeln 591.
Ohrtrompete 589, 590.
Oken Lorenz 42.
Ontogenesis Keimentwickelung 11.
Ontogenetische Blätterspaltung 192.
Ontogenetischer Zusammenhang 295.
Ontogenetische Zeiträume 378.
Ontogenie 6, 60.
Oophora 692, 715.
Orang-Utang 517, 520.
Orchides 692, 715.
Organische Erdgeschichte 380.
Organismen ohne Organe 413.
Organogenie 20.
Organologie 530.
Organophylie 20.
Organ-Systeme des Menschen 531.
Ornithodelphia 492, 524.
Ornithorhynchus 494.
Ornithostoma 493, 524.
Ortsverschiebungen 11.
Os ilium 598, 618.
Os ischii 598, 618.
Os pubis 598, 618.
Ostaffen 513, 526.
Ovaria 692, 715.
Oviductus 695, 715.
Ovococcus 150.
Ovoplasma 150.
Ovula holoblasta 175, 194.
Ovula meroblasta 176, 194.
Ovulisten 31.
Ovulum 140, 150.

Paarnasen 454, 457.
Pachycardia 472.
Palaeolithisches Zeitalter 386, 391.
Palaeontologie 86.
Palaeozoische Perioden 385, 386.
Palingenesis 9.
Palingenetische Furchung 172.
Palingenie 10.
Pancreas 638, 648.
Pander Christian 43.
Paradies 521.
Parallelismus der Entwickelung 432.
Parthenogenesis 33, 139.
Parovarium 706, 716.
Partielle Furchung 176, 194.
— des Vogel-Eies 182.
Pastrana Julia 300.
Paukenfell 583, 589.
Paukenhöhle 583, 589
Penis 710, 716.
Pentadactylia 475, 617.
Perigastrula 186, 194.
Peripherisches Nervensystem 557.
Permische Periode 386, 391.
Petromyzonten 457, 472.
Pflanzenthiere Zoophyta 200, 436.
Phallus 710, 716
Phallusia 364.
Pharynx 628, 638.
Philosophie 15, 736.
Phylogenesis Stammentwickelung 11.
Phylogenetische Blätterspaltung 192.
Phylogenetische Hypothesen 332.

Phylogenetische Zeiträume 378.
Phylogenie 6, 60.
Physiogenie 18, 20.
Physiologie 17.
Physiophylie 20.
Pigmenthaut 577, 581.
Pithecanthropi 520.
Pithecoiden-Theorie 725.
Placenta 308, 500, 510.
— *foetalis* 503.
— gürtelförmige 505, 524.
— kindliche 503.
— mütterliche 503.
— scheibenförmige 505, 524.
— *uterina* 503.
Placentalia 498, 524.
Placentalthiere 498, 524.
Planaea 426.
Planaeaden 426.
Planula 424.
Plasson 106, 411.
Plastiden 107, 413.
Plastiden-Ahnen 522.
Plastiden-Theorie 107.
Plastidule 414.
Plathelminthen 438.
Platten Lamellae 244.
Plattnasige Affen 515, 526.
Plattwürmer 438.
Platyrhinae 515, 526.
Pleuroperitoneal-Höhle 211.
Pliocaen-Periode 384, 388.
Plötzliche Entwickelung 137.
Polydactylia 475, 617.
Polyphyletischer Ursprung 597.
Porus genitalis 695.
Postglacial-Periode 384.
Praedelineations-Theorie 31.
Praeformation 29.
Praeformations-Theorie 29.
Praeputium 710, 716.
Pricken 457, 472.
Primäre Keimblätter 160.
Primäres Axenskelet 604.
Primär-Zeit 384, 386.
Primaten 511.
Primitive Aorten 247, 317.
Primitiv-Furche 243.
— Rinne 243.
— Streifen 240.
Primordiale Furchung 163, 194.
Primordial-Nieren 246, 702.
— Schädel 613.
— Zeit 382, 384.
Prinzipielle Bedeutung der Keimesgeschichte 16, 721.
Prochorion 502.
Procoracoideum 598, 618.
Promammalia 490, 524.
Prosimiae 506, 524.
Protamoeba 414.
Protamnion 482.
Prothelmis 438.
Protogaster 356, 626.
Protomyxa 414.
Protonephra 702.
Protoplasma 108.
Protopterus annectens 474.
Protozoen Urthiere 202.
Protureter 698.
Pseudopodien der Amoeben 116.
Psyche 555, 729.
Psychologie 732.
Punctum germinaticum 110.
Pupille 577, 581.
Pupillenhaut 578.

Rabenbein 598, 618.
Radius 598, 618.
Randvene 319.
Rathke Heinrich 49.
Rathke'scher Gang 704, 716.
Raubthiere 505, 524.
Ray-Lankester 49.
Regenbogenhaut 577, 581.
Reichert Boguslaus 50.
Remak Robert 51.
Renes 702.
Reptilien 472, 486.
Retina 576, 581.
Riechgruben 569.
Ringcanäle 529, 587.
Rippen 604.
Rohrherzen 472.
Rolle Friedrich 83.
Rückbildung 134.
Rückenfurche 243.
Rückengefäss 339, 669.
Rückenmark 545, 560.
Rückenwand 253.

Rückenwülste 243.
Rückgrat 600.
Rudimentäre Organe 89.
Rundes Mutterband 708. 716.
Rundmäuler 457, 472.
Rusconi'scher After 169.
Rusconi'sche Nahrungshöhle 168.
Ruthe 710, 716.

Salamander 479.
Samen (männlicher) 30.
Samenleiter 695, 715.
Samenthierchen 141.
Samenzellen 141.
Säugethiere 489, 524.
Säugethier-Eifurchung 171.
Säugethier-Gastrula 174.
Säugethierseelen 731.
Saugwürmer 438.
Sauropsiden 486.
Scapula 598, 618.
Schädel 609.
Schädeldach 609.
Schädelgrund 609.
Schädellose 334, 454.
Schädeltheorie 6 0.
Schädelthiere 456.
Schädelwirbel 611.
Schambein 598.
Schamlippen 710. 716.
Scheide 707, 716.
Scheiden des Amnion 310.
Scheidenvorhof 716.
Scheinfüsse der Amoeben 116.
Scheitelkrümmung 297.
Schichten des Keimes 190.
Schienbein 598, 618.
Schilddrüse 643.
Schildkröte 290, 472.
Schimpanse 517, 519.
Schlagadern 671.
Schlankaffen 519.
Schleiden (M. J.) 49, 101.
Schleifencanäle 697.
Schleimblatt 43.
Schleimschicht (Schleimblatt) 190.
Schleimschicht der Oberhaut 537.
Schlund 628, 638.
Schlundbogen 285.
Schlundhöhle 628.
Schlundknoten (Oberer) 441, 534.
Schlundspalten 285.
Schlüsselbein 598, 618.
Schmalnasige Affen 515, 526.
Schmelzfische 466, 472.
Schnabelthiere 493, 524.
Schnecke 585, 589.
Schneidezähne 514.
Schöpfung 61, 65, 521.
Schulterblatt 598, 618.
Schultergürtel 598, 618.
Schutzhaut des Auges 576, 581.
Schwangerschaftsdauer 378.
Schwann (Theodor) 49.
Schwämme 436, 450.
Schwanzaffen 519.
Schwanz des Menschen 299, 602.
Schwanzkappe 310.
Schwanzkrümmung 297.
Schwanzlurche 479.
Schwanzscheide 310.
Schwanzwirbel 602.
Schwein 290.
Schweissdrüsen 538.
Schwimmblase 465, 641.
Sclerotica 576, 581.
Scolecida 444.
Scrotum 710, 716.
Secundäre Augenblase 579.
Secundäre Erdschichten 385.
Sec. Geschlechts-Charaktere 690.
Secundäre Keimblätter 190, 220.
Secundäre Nieren 702.
Secundäres Axen-Skelet 608.
Secundär-Zeit 384, 387.
Seele 555, 729.
Seelenentwickelung 733.
Seelenleben 555, 732.
Seelenthätigkeit 544.
Seelenvererbung 734.
Seelenzellen 104.
Seescheiden 343.
Segmental-Canäle 698.
Segmentation 153.
Segmentellen 153.
Sehhügel 547, 552.
Sehnerv 576, 581.
Seidenaffen 514.
Seitenblätter 243.
Seitenkappe 310

Seitenscheide 310.
Seitenplatten 243.
Selachier 466, 472.
Selections-Theorie 78.
Semper (Carl) 74, 342.
Sensorielles Keimblatt 190, 192.
Sensorium 531.
Seröse Hülle 502.
Sexual-Organe 716.
Sexual-Platten 693.
Sexuelle Selection 84, 689.
Siebhaut 504, 508.
Silurische Periode 383, 391.
Simiae 507, 526.
Sinnesapparat 531.
Sinnesblatt 190, 192.
Sinnesfunctionen 566.
Sinnesnerven 566.
Sinnesorgane 566.
Sinus urogenitalis 707, 709.
Siredon 480.
Sittliche Weltordnung 90.
Sitzbein 598.
Skelet 598.
Skeletbildende Zellenschicht 605.
Skeletmuskeln 531.
Skeletogen-Schicht 605.
Skeletplatte 605.
Sohlenförmiger Keimschild 274.
Sozobranchien 479.
Sozuren 479.
Spaltung der Seitenblätter 246.
Spannkräfte 737.
Species (Begriff) 61, 93.
Speiche 598, 618.
Speicheldrüsen 627, 638.
Speiseröhre 628, 638.
Sperma 140.
Spermaductus 695, 715.
Sperma-Gläubige 31.
Spermatozoen 141.
Spermazellen 141.
Spermococcus 150.
Spermoplasma 150.
Spermulum 150.
Spiritualismus 737.
Spongiae 436, 450.
Sprachwissenschaft 392.
Sprungweise Entwickelung 137.
Stammbaum 91.
Stammbaum der Affen 526.
— indogermanischen Sprachen 395.
— Menschen 526.
— Säugethiere 525.
— Thiere 451.
— Wirbelthiere 473.
— Zellen 374.
Stammesgeschichte 6, 20.
Stammkern 144.
Stammsäuger 490, 524.
Stammzelle 144.
Steigbügel 584, 589.
Steinkohlen-Periode 584, 586.
Steissbein 602.
Steisswirbel 602.
Stenops 506.
Sternthiere 348, 450.
Sternum 598.
Stirnfortsatz 569.
Stoff und Kraft 737.
Stoffwechsel 129.
Strahlige Grundform 436.
Strudelwürmer 441.
Subcutis 560.
Superficiale Furchung 185.
Sylvische Wasserleitung 552, 560.
Synamoebium 423.
System der Gewebe 666.
— der Keimblätter 220, 262.
— Organe 531.
— Säugethiere 524.
— Thiere 450.
— Wirbelthiere 472.

Talgdrüsen 538.
Tarsus 598.
Tastkörperchen 537.
Tastorgan 536, 566.
Tegmentum 536.
Teleologie 14, 89.
Teleostier 466, 472.
Terminale Knospung 279.
Tertiär-Zeit 384, 388.
Testiculi 692, 715.
Thatkräfte 737.
Theilfurchende Eier 176.
Theilung der Zellen 131.
Theoria generationis 34.
Thierklassen 450.
Thierseelen 730.

Thierstämme 450.
Thorax 601.
Thränendrüsen 538, 581.
Thyreoidea 643.
Tibia 598. 618.
Totale Furchung 176, 194.
Trias-Periode 387, 391.
Trommelfell 583, 589.
Trommelhöhle 583, 589.
Trophisches Keimblatt 192.
Tubae Fallopiae 716.
Tunicaten 443, 450.
Turbellarien 441.
Tympanum 583, 589.
Typen des Thierreichs 47, 200.
Typen-Theorie 47, 200.
Typus der Entwickelung 48.

Uebergangsformen 95, 137.
Ulna 598, 618.
Umbildungslehre 69.
Unbefleckte Empfängniss 139.
Ungeschlechtliche Fortpflanzung 131.
Ungulata 503, 524.
Unpaarnasen 457, 472.
Unterarm 598, 618.
Unterkieferfortsatz 571, 614.
Unterschenkel 698, 618.
Unzweckmässigkeitslehre 89.
Urachus 703.
Uramnioten 482.
Urdarm 356, 626.
Ur-Ei (Protovum) 109.
Ureter 703.
Urethra 710, 716.
Urfische 466, 472.
Urflosse 616.
Urharnblase 701.
Urharnsack 305, 701.
Urkeimblätter 160.
Urmenschen 520.
Urmund 626, 356.
Urniere 246, 702.
Urnierengang 698.
Urquelle der Liebe 688.
Ursachen der Entwickelung 13, 60.
Ursäuger 490, 524.
Urschädel 613.
Urschleim 411.
Urschlüsselbein 598.
Ursprung der Geschlechtszellen 691.
Ursprüngliche Furchung 163, 194.
Urthier-Ahnen 522.
Urthiere (Protozoen) 202.
Urwirbel 277.
Urwirbelplatten 276.
Urwirbelstränge 247.
Urwirbelthier (Ideal) 207.
Urwirbelthier (Real) 455.
Urwurm 437, 441.
Urzeugung 401.
Uterus 706, 716.
Uterus bicornis 707.
Uterus masculinus 707.
Uvula 628.

Vagina 706, 716
Vampyrella 415.
Van Beneden (Eduard) 49, 170, 691.
Vasa deferentia 695, 715.
— *umbilicalia* 320.
Vasculat 680.
Vegetatives Keimblatt 160, 262.
Vegetative Organe 530, 531.
Vena terminalis 319.
Venae cardinales 274.
— *omphalo-mesentericae* 318.
— *umbilicales* 320.
— *vitellinae* 318.
Venen 315.
Ventriculus 672.
Verdauungsdarm 213, 638.
Vererbung 132.
Vergleichende Anatomie 87, 199.
Vergleichende Ontogenie 330.
Vergleichende Physiologie 16.
Vergleichende Psychologie 730, 735.
Vergleichende Sprachforschung 392.
Vermes 436, 450.
Vernunft 735.
Vertebra 600.
Vertebrarium 598.
Vertebrata 450, 472.
Verwachsung 134.
Vesicula blastodermica 234.
— *germinativa* 110.
— *prostatica* 707.
— *umbilicalis* 303.
Vestibulum vaginae 716.
Vielzehige Füsse 475.

Vierblätter-Theorie 191.
Vierhänder 511.
Vierhügel 547, 560.
Vitellus 110.
Vögel 472, 486.
Vogel-Gastrula 181.
Vorderarm 598, 618.
Vorderbeine 465, 298.
Vorderhirn 552, 560.
Vorfahren-Kette 412.
Vorhaut 710, 716.
Vorhülle 502.
Vorkammer des Herzens 672.

Wachsthum 128.
Wadenbein 598, 618.
Wagner (Moriz) 92.
Wahlverwandtschaft der beiden Geschlechter 689.
Wallace (Alfred) 80, 81.
Walfische 503.
Walthiere 503, 524.
Wanderungen der beiden Geschlechtsdrüsen des Menschen 708.
— der Geschlechtszellen 691.
— der Organismen 92.
— der Zellen 117, 119.
Wärmesinn 566.
Wassergefässe 696.
Wassergehalt des Körpers 381.
Wasserhaut 251.
Wassermolche 448.
Weibliche Ausführgänge 704, 716.
— Brust 539.
— Copulations-Organe 710.
— Fruchtbehälter 706.
— Geschlechtsorgane 716.
— Geschlechtsplatte 694.
— Keimblatt 692.
— Keimdrüsen 692.
— Milchdrüsen 539.
— Phallus (Clitoris) 710.
— Zellen 140, 688.
Weichthiere 450, 452.
Weichwürmer 444.
Westaffen 513, 526.
Windungen des Gehirns 556.
Wirbel 600.
Wirbelbogen 603, 607.
Wirbelcanal 603.
Wirbelkörper 603, 607.
Wirbellose 332.
Wirbelsäule 600.
Wirbelthier-Ahnen 523.
Wirbelthiere 452, 472.
Wirbelthier-Seelen 729.
Wirbelthier-Stammbaum 451.
Wirbelthier-System 454.
Wirbelzahl 603.
Wolff (Caspar Friedrich) 34.
— Bildung des Darmes 34.
— Keimblätter 37.
— Leben 35.
— Naturphilosophie 38.
— Theoria generationis 34.
— Urnieren 701, 716.
Wolff'scher Gang 703, 716.
— Körper 701.
Wolfsrachen 572.
Wollhaar des Embryo 541.
Wunder 401.
Wundernetze 698.
Wurmanhang des Blinddarms 648.
Würmer 200, 436.
Würmer-Ahnen 436.
Würmer-Stamm 436.

Zähne 514, 639.
Zäpfchen 628.
Zehen 475, 598.
Zeitverschiebungen 12.
Zellen 101.
— Kern 103.
— männliche 140, 688.
— Staat 101.
— Stoff 103.
— Theorie 49, 100.
— weibliche 140, 688.
Zitzen der Milchdrüsen 539.
Zitzenlose 493, 539.
Zona pellucida 110.
Zonoplacentalia 505, 524.
Zoophyta 436, 200.
Zottenhaut 301.
Züchtungs-Theorie 78.
Zunge 639.
Zungenbein 614.

Zungenbogen 612.
Zweckmässigkeitslehre 14, 89.
Zweckthätige Ursachen 13, 736.
Zweige der Biogenie 20.
Zweihänder 511.
Zweihörniger Fruchtbehälter 707.
Zweiseitige Grundform 437, 439.
Zwerchfell 490.
Zwischenformen 95.
Zwischenhirn 552, 560.
Zwischenkiefer 572.
Zwischenwirbelscheiben 608.
Zwitter 689.
Zwitterbildung 431, 689.
Zwitterdrüse 694.
Zwitterwirbelthiere 216, 694.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.




HARVARD COLLEGE
CONSERVED
LIBRARY

